

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

FELIPE MENDES SILVA

**DINÂMICA ATMOSFÉRICA E LOCALIZAÇÃO DAS TROMBAS
D'ÁGUA NO LITORAL CATARINENSE NO PERÍODO DE 1996 A 2008**

Orientadora: Prof. Magaly Mendonça, Dr.

FLORIANÓPOLIS – SC

2009

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**

FELIPE MENDES SILVA

**DINÂMICA ATMOSFÉRICA E LOCALIZAÇÃO DAS TROMBAS
D'ÁGUA NO LITORAL CATARINENSE NO PERÍODO DE 1996 A 2008**

Trabalho apresentado como requisito para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso do curso de graduação em geografia do Departamento de geociências da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientadora: Prof. Magaly Mendonça, Dr.

FLORIANÓPOLIS – SC

2009

TERMO DE APROVAÇÃO

FELIPE MENDES SILVA

Dinâmica Atmosférica e localização das trombas d'água no litoral catarinense no período de 1996 a 2008

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geografia, Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina.

Profª. Ângela da Veiga Beltrame, Dr.
Coordenador do Curso

Profª. Magaly Mendonça, Dr.
Orientadora
Departamento de Geociências

Profa. Ângela da Veiga Beltrame, Drª.
Departamento de Geociências

Profa. Márcia Fuentes, Dra.
Instituto Federal de Santa Catarina

Francine Gomes, Meteorologista.
Programa de pós Graduação em Geografia

Florianópolis, junho de 2009.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais que sempre me incentivam em todas as minhas caminhadas rumo ao progresso e felicidade.

Agradeço a todos aqueles que me ajudaram diretamente na elaboração desta pesquisa. A professora e orientadora Dr. Magaly Mendonça, pela disponibilidade, oportunidade, confiança, ensinamentos científicos e também de valores morais.

Ao meu irmão Eduardo Mendes Silva, por todo apoio, disponibilidade e ajuda.

Aos colegas da EPAGRI/CIRAM dos setores de previsão do tempo e clima e de atendimento ao cliente que disponibilizaram seu tempo, troca de idéias e materiais para formulação deste trabalho. Em especial a Rafael Borges, Marcelo Moraes, Laura Rodrigues, Vera Lúcia, Elaine Canônica, Anderson Monteiro, Maicon Alves, Mariana Liberato e Fabrício Vidal.

Ao Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, em especial a Alessandra de Pádua Pereira pelo envio das imagens de satélites.

Ao Centro de Hidrografia Marinha, em especial a Irene por gentilmente enviar as cartas sinóticas.

Aos membros da banca, Márcia Fuentes, Francine Gomes e Ângela da Veiga Beltrame.

Aqueles que de forma indiretamente ajudaram na pesquisa. Ao Dr. Hamilton Justino Vieira pela compreensão e paciência durante este semestre.

Ao meu irmão Marcel Mendes Silva por compreender meu momento de dedicação e não se importar de ir surfar sozinho.

Aos meus colegas de universidade que me acompanharam durante toda essa jornada.

Aos meus amigos Adriano Regis, Gustavo Ventura, Paulo Almada, Eduardo Pértile, Gustavo Batistell, Graciele Batistell, Guilherme Isoppo, Isla Pereira, Camila Raupp, Kellen Bandinelli, Paulo Bezerra, Felipe Galoppini, Antonio Rovere, Rodrigo Rovaris, Fabrício Rovaris, Luciana Tallini, Mariana Dandolini, Isabel Hoffmann, Franciani Costella e Paula Garcia que ajudaram seja com palavras certas nas horas exatas, em escutar desabafados ou em momentos de descontração em alguma mesa de bar desta cidade.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	07
LISTA DE TABELAS	12
RESUMO	13
1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO GERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3 JUSTIFICATIVA	16
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	18
2.1 LEVANTAMENTO DE DADOS	18
2.2 ANÁLISE DE IMAGENS E COMPLEMENTO DE INFORMAÇÃO	21
2.3 FONTE DE PESQUISA	22
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
4 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE SANTA CATARINA	26
4.1 FATORES ESTÁTICOS E DINÂMICOS	26
4.2 DINÂMICA SAZONAL	29
4.3 TEMPESTADES SEVERAS	31
5 CARACTERÍSTICAS DA TROMBA D' ÁGUA	35
5.1 TROMBA D' ÁGUA NO MUNDO	38
5.2 TROMBA D' ÁGUA NO BRASIL	39
6 ANÁLISE DAS TROMBAS D'ÁGUA EM SANTA CATARINA	40
6.1 DINÂMICA DAS TROMBAS D'ÁGUA	40
6.2 SÃO FRANCISCO DO SUL	41
6.2.1 Episódio de 27/01/1996	41
6.2.2 Episódio de 09/01/2002	47
6.2.3 Episódio de 26/02/2005	52
6.2.4 Episódio de 22/04/2005	57

6.2.5 Episódio de 23/07/2005	62
6.3 ITAPOÁ	67
6.3.1 Episódio de 02/02/1997	67
6.3.2 Episódio de 01/03/2000	72
6.4 FLORIANÓPOLIS	77
6.4.1 Episódio de 23/02/2000	77
6.4.2 Episódio de 08/02/2005	82
6.4.3 Episódio de 31/03/2005	87
6.4.4 Episódio de 02/03/2008	93
6.5 CARACTERIZAÇÃO DA TEMPERATURA DO ANO DE 2005	97
6.5.1 Análise da Temperatura do Ano de 2005 na Região da Grande Florianópolis	98
6.5.2 Análise da Temperatura do ano de 2005 na Região Norte Catarinense	101
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
7.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS	107
7.2 SUGESTÕES	108
ANEXOS	111
REFERÊNCIAS	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Localização espacial das áreas de ocorrência das trombas d' água ..	25
Figura 02: Esquema ilustrativo da formação da chuva orográfica.....	27
Figura 03: Efeito do relevo na umidade e nebulosidade em Santa Catarina.....	28
Figura 04: Distribuição mundial de tempestades severas	32
Figura 05: Imagem de satélite do dia 26/03/2004 das 12:29 UTC. Dentro do círculo vermelho o furacão Catarina.	33
Figura 06: Tromba d' água ocorrida no dia 25/05/2001 em Campos (RJ).....	34
Figura 07: Ilustração referente à estrutura de uma cumulonimbus	35
Figura 08: Registros fotográficos dos processos de formação e dissipação da tromba d' água	37
Figura 09: Registros fotográficos dos processos de formação e dissipação da tromba d' água	38
Figura 10: Figura com a localização e o ano de cada ocorrência de tromba d' água em Santa Catarina	40
Figura 11: Passagem de frentes frias no mês de Janeiro de 1996 na costa do Brasil	43
Figura 12: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 25/01/1996	44
Figura 13: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 26/01/1996	44
Figura 14: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 27/01/1996	45
Figura 15: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 27/01/1996	46
Figura 16: Foto da tromba d' água em São Francisco do Sul no dia 27/01/1996.	46
Figura 17: Número de frentes frias que passou no litoral do Brasil em janeiro de 2002	49
Figura 18: Imagem de satélite das 12:09Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 07/01/2002	49
Figura 19: Imagem de satélite das 12:10Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 08/01/2002	50
Figura 20: Imagem de satélite das 12:09Z do canal infravermelho e carta de pressão	

ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 09/01/2002. Fonte: CPTEC/INPE.....	51
Figura 21: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 09/01/2002	52
Figura 22: Número de frentes frias que passou no Brasil durante o mês de fevereiro de 2005	54
Figura 23: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 24/02/2005	55
Figura 24: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 25/02/2005	55
Figura 25: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 26/02/2005	56
Figura 26: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 26/02/2005	57
Figura 27: Número de frentes frias que passou no litoral do Brasil durante o mês de abril de 2005.....	59
Figura 28: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 20/04/2005	59
Figura 29: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 21/04/2005	60
Figura 30: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 22/04/2005	61
Figura 31: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 22/04/2005	62
Figura 32: Número de frentes frias que passou no Brasil durante o mês de julho de 2005	64
Figura 33: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 21/07/2005.	65
Figura 34: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 22/07/2005	65
Figura 35: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 23/07/2005	66
Figura 36: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 22/04/2005	67

Figura 37: Passagem de frentes frias no mês de fevereiro de 1997 pelo litoral brasileiro.....	69
Figura 38: Imagem de satélite do canal infravermelho das 12Z e carta sinótica das 12Z, ambos do dia 31/01/1997.....	70
Figura 39: Imagem de satélite do canal infravermelho das 12Z e carta sinótica das 12Z, ambos do dia 01/02/1997.....	70
Figura 40: Imagem de satélite do canal infravermelho das 12Z e carta sinótica das 12Z, ambos do dia 02/02/1997.....	71
Figura 41: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 02/02/1997.	72
Figura 42: Número de frentes frias que passou no litoral do Brasil durante o mês de março de 2000	74
Figura 43: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 28/02/2000.	74
Figura 44: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 29/02/2000	75
Figura 45: Imagem de satélite das 18:00Z do canal infravermelho.....	76
Figura 46: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 01/03/2000	76
Figura 47: Passagem de frentes frias na costa brasileira no mês de Fevereiro de 2000	79
Figura 48: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 21/02/2000	79
Figura 49: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 22/02/2000	80
Figura 50: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 23/02/2000	81
Figura 51: Reportagem sobre a tromba d' água ocorrida em Florianópolis.....	81
Figura 52: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 23/02/2000	82
Figura 53: Número de frentes frias que passou no litoral do Brasil em fevereiro de 2005	84
Figura 54: Imagem de satélite das 11:39Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 06/02/2005	84

Figura 55: Imagem de satélite das 11:39Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 07/02/2005	85
Figura 56: Imagem de satélite das 12h09min Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 08/02/2005.....	85
Figura 57: Tromba d' água registrada no leste da Ilha de Santa Catarina.	86
Figura 58: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 08/02/2005.	87
Figura 59: Número de frentes frias que passou no Brasil durante o mês de março de 2005	89
Figura 60: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 29/03/2005	90
Figura 61: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 30/03/2005	90
Figura 62: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 31/03/2005	91
Figura 63: Fotografia da tromba d' água ocorrida na praia do Campeche no dia 31/03/2005.	92
Figura 64: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 31/03/2005.	92
Figura 65: Número de frentes frias que passou no Brasil durante o mês de março de 2008.	94
Figura 66: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 29/02/2008.	94
Figura 67: Imagem de satélite das 12:30Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 01/03/2008.	95
Figura 68: Imagem de satélite das 20:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 02/03/2008.	96
Figura 69: Tromba d' água registrada no fim de tarde do dia 02/03/2008.....	96
Figura 70: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 02/03/2008.	97
Figura 71: Comparação mensal da temperatura máxima climatológica com a média mensal da temperatura máxima do ano de 2005 da estação meteorológica convencional de São José.....	99
Figura 72: Comparação mensal da temperatura mínima climatológica com a média	

mensal da temperatura mínima do ano de 2005 da estação meteorológica convencional de São José.....	100
Figura 73: Comparação da temperatura média climatológica com a temperatura média do ano de 2005 da estação meteorológica convencional de São José.....	101
Figura 74: Comparação da média mensal da temperatura máxima da média de 13 anos com a temperatura média mensal da máxima do ano de 2005 referente a estação meteorológica convencional de Joinville.....	102
Figura 75: Comparação da média mensal da temperatura mínima da média de 13 anos com a temperatura média mensal da mínima do ano de 2005 referente a estação meteorológica convencional de Joinville.....	103
Figura 76: Comparação da média mensal da temperatura média da média de 13 anos com a temperatura média mensal da temperatura média do ano de 2005 referente a estação meteorológica convencional de Joinville	104

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Ocorrências de tromba d' água em Santa Catarina.....	19
Tabela 02: Escala Fujita com associações de outras características correlacionadas	36
Tabela 03: Registros das condições atmosféricas do dia 04/02/1996 a 29/01/1996 da estação meteorológica convencional de Joinville.....	42
Tabela 04: Valores das variáveis meteorológicas dos dias 31/12/2001 a 12/01/2002 da estação automática de São Francisco do Sul	48
Tabela 05: Registros das condições atmosféricas do dia 18/02/2005 a 28/02/2005, na estação automática de São Francisco do Sul	53
Tabela 06: Registros das condições atmosféricas do dia 18/04/2005 a 24/04/2005 da estação meteorológica automática de São Francisco do Sul.....	58
Tabela 07: Temperatura da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 22/04/2005.	63
Tabela 08: Registros das condições atmosféricas do dia 20/01/1997 a 04/02/1997 da estação de Joinville	68
Tabela 09: Valores das variáveis meteorológicas dos dias 14/02 a 03/03 de 2000 da estação meteorológica convencional de Joinville.....	73
Tabela 10: Registros das condições do tempo em Florianópolis nos dias que antecederam, procederam e no que ocorreu a tromba d' água, dados da estação meteorológica convencional de Florianópolis e São José.....	78
Tabela 11: Registros das condições atmosféricas do dia 02/02/2005 a 10/02/2005 da estação meteorológica convencional de Florianópolis e São José.	83
Tabela 12: Registros das condições atmosféricas do dia 22/03/2005 a 02/04/2005 da estação meteorológica de Florianópolis e São José	88
Tabela 13: Registros das condições atmosféricas do dia 27/02/2008 a 04/03/2008 da estação meteorológica convencional de Florianópolis e São José	93
Tabela 14: Trombas d' água e tornados ocorridos em Santa Catarina no ano de 2005	98
Tabela 15: Resultados obtidos, resumidamente, das análises de cada tromba d' água ocorrida no litoral de Santa Catarina.....	108

RESUMO

SILVA, Felipe Mendes. Dinâmica Atmosférica e localização das trombas d'água no litoral catarinense no período de 1996 a 2008. 2009. 131p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Departamento de Geociências, UFSC, Florianópolis.

Este trabalho consta à análise de onze episódios de tromba d' água ocorridos na costa catarinense no período entre 1996 a 2008, com o objetivo de compreender as principais condições geográficas e atmosféricas que favorecem a ocorrência destes fenômenos em Santa Catarina. As análises foram feitas através de vários recursos: imagem da quantidade de sistemas frontais que passaram pela costa brasileira para identificar a relação da formação da tromba d' água com intervalos maiores de tempo sem passagem de frente fria. Imagens de satélites e cartas sinóticas para verificar quais os sistemas atmosféricos atuantes e o seu desenvolvimento com o passar dos dias até a data do acontecimento da tromba d' água. Dados de estações meteorológicas convencionais e automáticas usados para averiguar os valores das variáveis atmosféricas e caracterizar um padrão comum que favorece as ocorrências de tromba d' água. Valores da anomalia e da temperatura da superfície do mar (TSM) de cada dia da ocorrência da tromba d' água para saber se a TSM contribui para formação e/ou intensificação do fenômeno. Santa Catarina está propícia às tempestades severas devido a sua localização geográfica, que constantemente é alvo de sistemas produtores do tempo que pode causar mudanças bruscas na atmosfera. O relevo local também influencia na instabilidade do tempo, podendo intensificar fortes tempestades e contribuir no processo de formação da tromba d' água, através da retenção da umidade vinda do oceano e dos sistemas meteorológicos que passam pelo litoral catarinense. A análise de todos esses dados demonstrou que as trombas d' água estão mais propícias de acontecer durante o verão com o tempo mais quente e úmido, com a TSM mais elevada que o normal e na região do litoral Norte de Santa Catarina devido à influência da Serra do Mar.

Palavras-Chave: Tromba d' água; Climatologia; Tempestade Severa.

1 INTRODUÇÃO

Santa Catarina possui um clima bem dinâmico, devido à ocorrência de fenômenos meteorológicos diversos como, por exemplo: geada, neve, chuvas torrenciais, ciclones extratropicais, tornados e até furacão. Devido à localização geográfica em uma região de passagem de sistemas frontais, o Estado de Santa Catarina é vulnerável a mudanças bruscas nas condições do tempo que provocam diversos fenômenos atmosféricos. Um destes eventos é a tromba d' água o qual assusta e provoca curiosidade entre cientistas e população em geral.

Tromba d' água ou tornado em superfície líquida é um fenômeno meteorológico de pequena escala, possui um aspecto de funil com menor diâmetro na água e sua extremidade mais larga está ligada à base de uma nuvem convectiva (cumulonimbus). Não possui o mesmo poder destrutivo do tornado, mas representa grande risco a navegação e assim como o tornado é considerado como uma tempestade severa. É muito comum associar tromba d' água com chuvas fortes que provocam inundações, mas essa é uma definição errônea. Cientificamente tromba d' água é um tornado em superfície líquida que forma-se geralmente de nuvens de tempestades (VIANELLO; ALVES, 1991).

No mundo, este fenômeno ocorre com maior frequência no litoral da Flórida, nos Estados Unidos, onde as condições climáticas favorecem a formação de tornados oceânicos durante o ano todo. No Brasil as trombas d' água, ocorrem mais na costa sul e sudeste, mas também podem ocorrer em outras regiões brasileiras como no norte e nordeste do país.

Em Santa Catarina o primeiro registro oficial do fenômeno tromba d' água, foi feito no dia 27 de janeiro de 1996 no município de São Francisco do Sul, isso não quer dizer que não ocorreram outros eventos anteriormente, porém nunca foram registrados. A partir da última década, as trombas d' água são registradas em todo Brasil, devido ao acesso à tecnologia que permite a população dispor de equipamentos fotográficos e de vídeo. Cada vez mais as manifestações vêm sendo observadas por vários espectadores e a divulgação do evento é quase imediata através de fotos e vídeos que são colocados na rede mundial de computadores. Desde então já somam doze os casos de ocorrência de tromba d' água em Santa Catarina.

Os litorais da Grande Florianópolis e do Norte do Estado foram às regiões atingidas pelas doze ocorrências de trombas d' água, mais precisamente os municípios de Palhoça, Florianópolis, São Francisco do Sul e Itapoá. Entre as principais causas que faz do litoral catarinense ser alvo destes fenômenos são os fatores estáticos, principalmente, o relevo que interfere diretamente nas condições climáticas do Estado e os fatores dinâmicos representados

pelos sistemas atmosféricos que causam mudança na condição do tempo. Outros fatores podem contribuir com a formação das trombas d' água como a temperatura da superfície do mar.

Existem épocas do ano que estão mais sujeitas à ocorrência do fenômeno da tromba d' água. O verão é a estação mais propícia, devido aos altos índices de evaporação e aos sistemas meteorológicos que trazem instabilidade provocando o “choque térmico”, gerando convecção e consequentemente a tromba d' água. Porém isso não quer dizer que não possa ocorrer em outras estações do ano, no inverno de 2005, mais especificamente no dia 23 de julho, foi registrada uma tromba d' água em São Francisco do Sul.

Por meio da análise do comportamento da atmosfera e dos fatores geográficos que contribuem para ocorrência das trombas d' água considera-se possível explicar o motivo que faz o litoral Santa Catarina estar propenso a este fenômeno natural. Com isso pretende-se identificar em que região da costa ocorre mais às trombas d' água, analisar possíveis interferências da temperatura da superfície do mar na formação e intensificação do fenômeno e ter uma melhor compreensão da dinâmica do fenômeno em Santa Catarina. Assim, para o desenvolvimento deste trabalho, visando contribuir com algumas questões em torno do fenômeno tromba d' água, estabeleceu os objetivos abaixo.

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os principais fatores meteorológicos e geográficos que causaram o fenômeno tromba d' água e que tornaram o Estado de Santa Catarina susceptível a este fenômeno natural no período de 1996 a 2008.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar padrões de comportamento da atmosfera que favoreçam a ocorrência do fenômeno;
- Analisar outros fatores que contribuem para sua ocorrência, como anomalias de temperatura da superfície do mar;

Identificar as regiões da costa catarinense onde o fenômeno ocorre com maior frequência.

1.3 JUSTIFICATIVA

O comportamento da atmosfera foi, provavelmente, uma das maiores preocupações do homem primitivo, o estudo das condições do tempo surgiu com a necessidade de ele se proteger do ambiente em que vive. (VIANELLO; ALVES, 1991).

Com as grandes navegações para as explorações geográficas, as preocupações com a instabilidade atmosférica, que originam agitações marinhas e causam perigos às embarcações, tornaram-se mais importantes na vida do ser humano. A partir de 1450 reconheceu-se que as variações climáticas não se restringiam somente aos cinturões latitudinais, mas que dependiam também da circulação geral da atmosfera e da distribuição de oceanos e continentes (VIANELLO e ALVES, 1991).

A climatologia surgiu como campo específico com a sistematização da meteorologia no final do século XIX (JESUS, 2008). O autor (p. 166.) faz a seguinte citação referente aos objetivos e propósitos da climatologia:

Apesar de utilizar métodos comuns à meteorologia, seus objetivos e propositos são eminentemente geográficos. Os estudos do clima no campo da Geografia estão direcionados para a espacialização dos elementos e fenômenos atmosféricos, buscando explicar sua dinâmica processual. O estudo do clima sobre o prisma geográfico possui uma conotação preferencialmente antropocêntrica, daí sua singularidade, procurando estabelecer a relação sociedade-natureza.

AYOADE (2004) escreve que o clima influencia o homem de várias maneiras; as principais bases da vida para humanidade, e, sobretudo, o ar, a água, o alimento e o abrigo dependem do clima. Porém o homem também pode influenciar no clima fazendo modificações propositais chamadas de controle climático. Claro que essas mudanças climáticas atingem uma pequena escala e não o clima como um todo. Essas mudanças podem ser feitas através de algumas motivações como, por exemplo, a redução de perdas econômicas e sociais provocadas por eventos climáticos severos.

Atualmente a humanidade conta com ajuda de supercomputadores que podem elaborar previsões numéricas de tempo capazes de prever as condições atmosféricas com bastante antecedência. Assim sendo, o ser humano pode criar diversos controles climáticos de acordo com suas necessidades. Fenômeno natural extremo como a tromba d' água é de difícil previsibilidade. Ainda hoje é complexo prever com precisão a ocorrência deste evento.

Fenômeno climático extremo pode ser definido como raro dentro de sua distribuição de referência estatística num lugar em particular (CLIMATEMPO, 2009). Por não acontecer com tanta frequência e se formar através de um processo convectivo muito rápido a tromba d' água se torna um fenômeno de difícil previsibilidade.

A falta de informações específicas sobre o evento tromba d' água, a curiosidade sobre o assunto e sobre o clima em geral, incentivou o desenvolvimento deste trabalho. Além de poucos dados informativos sobre o fenômeno, existe um conceito errôneo que associa a tromba d' água com fortes chuvas provocadoras de inundações.

Esse estudo pode contribuir para um conhecimento mais amplo deste fenômeno relacionado à influência do relevo com os sistemas atmosféricos atuantes. Junto com o avanço da tecnologia pode-se ajudar numa previsão mais detalhada para o estado de Santa Catarina, evitando prejuízos econômicos para população que depende da pesca e outras atividades relacionadas com o mar e também aos turistas, os quais visitam durante o ano todo o litoral catarinense.

A identificação das ocorrências, sua área de abrangência e frequência, e a dinâmica atmosférica que da origem às trombas d' água são informações geográficas que poderão vir a contribuir para a previsão de novos eventos. As sistematizações de dados que nos levem às respostas objetivas, também poderão contribuir para o desenvolvimento da pesquisa em Geografia.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo dos elementos que compõem o tempo é de fundamental importância para entendimento dos mecanismos do seu funcionamento. Tratando-se de tempestades severas, como a tromba d' água, saber os principais fatores que desencadeiam este processo e se a situação geográfica contribui para a formação e intensidade deste tipo de fenômeno, são informações de bastante relevância para sua previsão. Neste trabalho pretende-se fazer uma análise geográfica e sinótica das causas do fenômeno tromba d' água.

2.1 LEVANTAMENTOS DE DADOS

Para a realização deste trabalho, inicialmente foi feito o levantamento das ocorrências das trombas d' água em Santa Catarina. Desde 1996, a Empresa de Pesquisa Agropecuária e de Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) /Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia (CIRAM) vem fazendo registros de tornados e trombas d' água, através de fotos, vídeos, depoimentos associados à assinatura do radar do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR) e análise realizada pelos meteorologistas e técnicos da Defesa Civil estadual no local da ocorrência. O primeiro registro que se tem de tromba d' água é do dia 27/01/1996 em São Francisco do Sul. No município de Palhoça, na Grande Florianópolis, houve uma ocorrência deste fenômeno, mas por falta de informações a respeito não se tem com precisão a data deste evento. A tabela 01 mostra as datas e o local das ocorrências desde o primeiro até o ultimo registro feito no dia 02/03/2008 em Florianópolis.

Tabela 01: Ocorrências de tromba d' água em Santa Catarina. Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Data	Localidade
27/01/1996	São Francisco do Sul
02/02/1997	Itapoá
23/02/2000	Florianópolis (Baía Sul)
01/03/2000	Itapoá
-	Palhoça
09/01/2002	São Francisco do Sul
08/02/2005	Florianópolis (Leste da Ilha)
26/02/2005	São Francisco do Sul
31/03/2005	Florianópolis (Campeche)
22/04/2005	São Francisco do Sul
23/07/2005	São Francisco do Sul
02/03/2008	Florianópolis (Ponta das Canas)

Depois de feito o levantamento das localidades e datas de cada ocorrência foi elaborada uma análise das condições atmosféricas dos dias que antecederam o evento meteorológico. O número de dias que antecederam a tromba d' água variou de caso para caso, pois durante a análise de dados e informações percebeu-se que na maioria dos casos ocorreu após um período de ausência de passagens de frentes frias pelo Estado. Essa informação foi obtida em consultas aos Boletins mensais Climanálise acessado na página do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (CPTEC/INPE).

Foram utilizados também dados de estações meteorológicas convencionais e automáticas existentes nas cidades onde ocorreu o evento. E, no caso do município não possuir estação meteorológica, foram utilizados dados do município vizinho situado em local representativo das condições climáticas da região.

Nos eventos que aconteceram nos municípios de São Francisco do Sul e Itapoá nos anos de 1996, 1997 e 2000 foram utilizados dados da estação meteorológica convencional de

Joinville, pelo fato de até então não existir nenhuma estação meteorológica no litoral norte catarinense. A partir de 2002 foram utilizados os dados da estação meteorológica automática de São Francisco do Sul, ambas as estações pertencentes à EPAGRI. Nos casos que se sucederam em Florianópolis foram usados dados de duas estações meteorológicas convencionais: Da EPAGRI, localizada na Ilha de Santa Catarina e a do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada no município de São José.

Em todas as ocorrências analisadas foram utilizadas as seguintes variáveis meteorológicas: temperatura máxima e mínima, umidade relativa, precipitação, direção e velocidade do vento e pressão atmosférica. Com o auxílio dessas informações é possível observar o comportamento do tempo com o passar dos dias até a configuração da tromba d' água. Nos casos da Grande Florianópolis, da estação convencional da EPAGRI posicionada na Ilha de Santa Catarina, foram utilizados os dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa e precipitação. Da estação do INMET localizada no município de São José foram usados dados de pressão atmosférica, velocidade e direção do vento. Isto porque a estação convencional da EPAGRI não possui os sensores de pressão atmosférica e vento, sendo necessário recorrer à estação mais próxima, portanto a do INMET.

Para os casos onde foram utilizadas estações convencionais, que tem coleta de dados feita por um observador nos horários das 09, 15 e 21 horas foram determinados os seguintes critérios: A variável da temperatura mínima utilizada foi obtida através da observação das 09 ou das 21 horas e da temperatura máxima foi utilizado o dado da leitura das 15 ou das 21 horas, isto para garantir que o dado utilizado fosse das temperaturas mínima e máxima do dia. Para a precipitação utilizou-se o total de 24 horas, ou seja, a quantidade de chuva caída entre às 09h00m do dia anterior e às 09h00m do dia atual. Para a velocidade e direção do vento, umidade relativa e pressão atmosférica foram utilizados os registros das 15 horas, horário próximo da maioria das ocorrências das trombas d' água.

Como as estações automáticas registram os dados em qualquer momento do dia sem a necessidade de ter a figura do observador, os seguintes critérios foram usados: o dado de temperatura mínima utilizada foi o de menor registro durante o dia, na variável da temperatura máxima foi aproveitando o dado de maior registro da data referente. A precipitação utilizada no trabalho foi o total de 24 horas (das 09h00m do dia anterior até as 09h00m do dia atual). Dados de umidade relativa, direção e velocidade do vento e pressão atmosférica foram utilizados os registrados às 15h00m, seguindo o mesmo critério das estações convencionais.

Com os dados meteorológicos foram elaboradas tabelas para analisar como foram as condições do tempo de cada dia. E também para ter uma melhor visualização das mudanças

ocorridas nas variáveis atmosféricas, com a passagem dos sistemas perturbadores de tempo e os centros de ações.

Para pesquisa relacionada ao ano de 2005, onde ocorreu cinco dos onze casos analisados foi feita em base da climatologia da estação meteorológica convencional de São José, que tem o seu funcionamento desde 1911, tempo suficiente para determinar a climatologia da região. Através da análise da média mensal da climatologia e do ano de 2005 da temperatura mínima, máxima e média foram confeccionados gráficos comparativos pra ver se o ano de 2005 foi mais ou menos quente na região da Grande Florianópolis. Para verificar esta mesma questão no Litoral Norte, o estudo foi feito em base da estação meteorológica convencional de Joinville. Entretanto esta estação existe desde 1996, ou seja, não tem trinta anos de funcionamento e não pode considerar os valores dela como climatológicos para a região. Mesmo assim os mesmo parâmetros foram usados, só que além da climatologia foi feito à média de 13 anos (a partir da data de seu funcionamento até dezembro de 2008) da temperatura mínima, máxima e média da estação meteorológica. Os gráficos elaborados foram usados na comparação, porém serviram mais para o complemento dos resultados obtidos. Todos os dados das estações meteorológicas foram cedidos pela equipe de trabalho da EPAGRI/CIRAM para fins acadêmicos.

2.2 ANÁLISE DE IMAGENS E COMPLEMENTO DE INFORMAÇÃO

Para a melhor compreensão da dinâmica da atmosfera foram analisadas cartas sinóticas de superfície que mostram todos os sistemas meteorológicos que estavam atuando pela manhã e à noite, a partir das estações costeiras do Ministério da Marinha. As cartas sinóticas encontram-se disponíveis no “sítio” da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), diariamente nos horários das 12h00m e 00h00m UTM (Tempo Universal de Greenwich), durante 30 dias. Porém, por se tratarem de cartas antigas, foi necessário solicitá-las por correio eletrônico, sendo que foram gentilmente cedidas pela instituição. Para as análises optou-se pelo horário das 12h00h UTM (Z), 09h00m de Brasília, de cada dia. Também foram utilizadas as imagens de satélite do canal infravermelho da América do Sul cedida pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais (CPTEC/INPE). As imagens utilizadas são do horário das 12h00h UTM ou de horários próximos, caso não tenha imagem disponível.

As figuras com as trajetórias mensais dos sistemas frontais que passaram pelo litoral brasileiro foram extraídas do Boletim da Climanálise do CPTEC/INPE. Elas auxiliaram na

identificação da situação local em relação aos sistemas frontais, já que são eles os principais produtores de tempo nas latitudes médias e subtropicais. Foram aproveitadas como auxílio para saber quando foi à passagem da última frente fria que antecedeu a tromba d' água.

O software Grid Analysis and Display Sistem (GRADS), é uma ferramenta interativa para a manipulação e visualização de dados da ciência atmosférica. O GRADS trabalha com modelos de dados em quatro dimensões (latitude, longitude, nível vertical e tempo) e por meio da utilização de um arquivo descritor de dados, o programa permite a criação de figuras através da interpolação de pontos de grade com as dimensões desejadas pelo usuário (GRID...2009).

Neste trabalho foi utilizado o dado da anomalia e da temperatura da superfície do mar (TSM) para a criação de imagens de cada dia do acontecimento do evento meteorológico. Os arquivos descritores desta variável estão disponíveis gratuitamente na página eletrônica da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2009). Essas figuras vão informar se a ocorrência ou intensificação da tromba d' água está ligada com alguma temperatura específica do oceano e se a TSM estava acima da média climatológica. As elevadas TSM também podem influenciar na evaporação, proporcionando mais umidade para atmosfera. A quantidade de umidade do ar é um fator que “alimenta” a intensificação do fenômeno tromba d' água.

Recortes de jornais também foram aproveitados, com o desígnio de complementar as informações demonstrando a forma como a mídia divulga esses acontecimentos para a população. Fotografias de alguns casos também foram colocadas no trabalho, com objetivo de ilustração.

2.3 FONTE DE PESQUISA

As informações sobre o clima, aspectos geográficos de Santa Catarina, tempestades severas e trombas d' água no mundo e no Brasil foram obtidas através de pesquisas em:

- Livros;
- Monografias;
- Dissertações de mestrado;
- Artigos científicos;
- Atlas.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo engloba os litorais da região Norte e da Grande Florianópolis, mais especificamente os municípios de Itapoá, São Francisco do Sul e Florianópolis que foram os municípios atingidos pelas trombas d' água. O município de Palhoça apesar de ter confirmado a ocorrência não se sabe a data correta, por isso dados deste evento específico não foram colocados neste trabalho.

O município de Itapoá localiza-se na região Norte de Santa Catarina, mais especificamente no extremo litoral norte, faz limite com o Estado do Paraná ao norte, Garuva ao oeste, São Francisco do Sul ao sul e o oceano Atlântico ao leste, segundo o IBGE possui uma área de 257,158 km² e uma população de 11. 251 habitantes. Situa-se na latitude 26° 07' 01" sul e longitude 48° 36' 58" oeste. Dados oficiais da homepage da prefeitura indicam que a economia municipal está no turismo, durante o verão Itapoá recebe cerca de 200.000 visitantes movimentando o comércio local. A construção civil também vem se destacando na economia e a pesca artesanal, sendo historicamente uma das principais fontes de renda, hoje atende o mercado local e os turistas. As praias apresentam boas condições para prática de esportes náuticos como o surfe, windsurfe, pesca esportiva e barcos à vela. (ITAPOÁ ...2009).

São Francisco do Sul localiza-se na latitude de 26°14'36" sul e longitude de 48°38'17" oeste, está situado no litoral da região Norte catarinense. Faz fronteira ao norte com Itapoá, ao oeste com Joinville, ao sul com Balneário Barra do Sul e Araquarí e ao leste com o oceano Atlântico, de acordo com o IBGE sua área é de 493km² e o número de habitantes estimado em 2008 é de 39.341. Conforme as fontes oficiais do site da prefeitura, grande parte da sua economia é gerada pela movimentação portuária, o município possui o quinto maior porto brasileiro em movimentação de contêineres. Nos últimos anos a indústria vem se destacando, com a criação do parque industrial teve a economia ficou mais diversificada, sendo anteriormente baseada no porto e no turismo. (SÃO ...2009).

A capital do Estado possui uma população de 402.346 habitantes, está localizada na latitude de 27° 35' 48" sul e longitude 48° 32' 57" oeste e faz parte da região da Grande Florianópolis. Possui uma área total de 436,5 km sendo 424,4 Km² na Ilha e 12,1 km² no continente, faz divisa com o município de São José ao oeste, a leste é banhada pelo oceano Atlântico, a norte pela baía norte e a sul pela baía sul. As informações contidas no site da

prefeitura mostram que a principal fonte de renda é o serviço público, seguido do pólo tecnológico. O turismo está em terceiro lugar, aumentando a economia local durante o verão. (FLORIANÓPOLIS ...2009).

O município de Palhoça fica a 16 quilômetros de Florianópolis, esta localizado na latitude de 28° 38' 43" sul e longitude de 48° 40' 04" oeste. Sua economia gira em torno do seu pólo industrial e comercial. No setor do comércio a cidade possui 1.500 estabelecimentos e o setor industrial possui cerca de 500 indústrias, com destaque na produção de móveis, produtos alimentícios e bebidas, metal, máquinas e equipamentos, produtos minerais e não metálicos e vestuário. (GUIA ...2009).

O relevo de cada cidade pode ser caracterizado pelas regiões que se encontram. Na Grande Florianópolis tem o predomínio da unidade geomorfológica da Serra do Leste Catarinense a sua principal característica é dada pela sequência de serras dispostas de forma subparalela e apresentam mais baixas em direção ao litoral, terminando em pontais, penínsulas e ilhas. Em Florianópolis o relevo apresenta uma morfologia descontínua formada por cristas montanhosas, com altitudes que variam de 400 a 540 metros e por morros isolados com altitudes inferiores. Na área mais para o interior da região a altitude atinge 900 metros. O município de Palhoça tem um ponto elevado, conhecido como morro do Cambirela que possui 1043 metros. (SANTA CATARINA, 1991).

Já no litoral Norte a unidade de relevo predominante é a Serra do Mar, apresenta-se como uma serra propriamente dita, com vertentes voltadas para leste, sendo esta de maior declividade, e para oeste. Nesta unidade registra-se as segundas maiores altitudes encontradas em Santa Catarina, atingindo 1.500 metros. (SANTA CATARINA, 1991).

A figura 01 mostra a localização dos municípios atingidos pela tromba d' água.

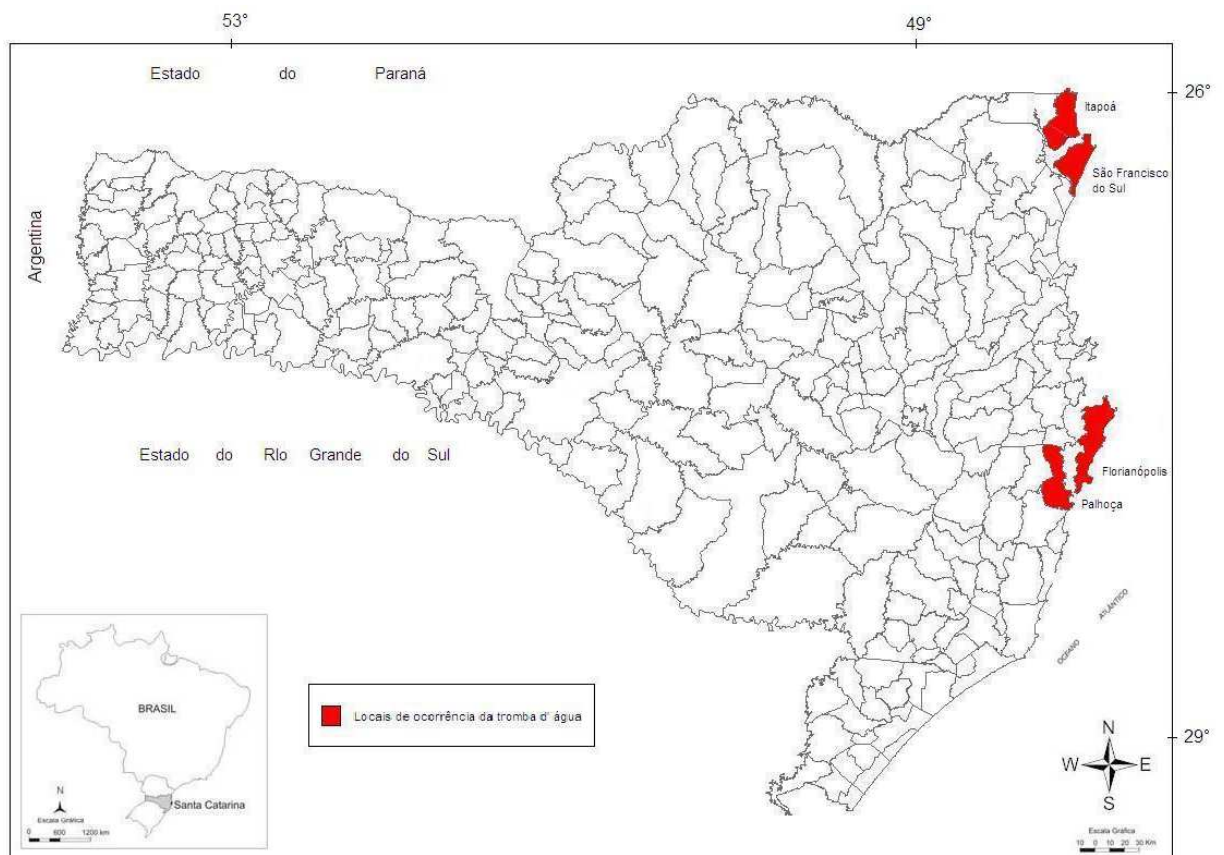


Figura 01: Localização espacial das áreas de ocorrência das trombas d' água.

4 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DE SANTA CATARINA

Pela sua localização geográfica, Santa Catarina segue as características do clima do sul do Brasil. Segundo Nimer (1989, p. 259) o clima do sul do país tem as seguintes características: “O Sul do Brasil é uma das regiões mais uniformes e de maior unidade climática. Sua uniformidade é expressada pelo predomínio do clima mesotérmico superúmido, sem estação seca, e sua unidade pelo ritmo climático característico de regiões temperadas”.

Outras características climáticas de Santa Catarina são as quatro estações do ano bem definidas e a regularidade pluviométrica. Conforme o sistema de classificação climática global proposta por Köppen, Santa Catarina apresenta os tipos Cfa e Cfb. O primeiro, que abrangendo a costa catarinense, é o mesotérmico com verões quentes cuja temperatura do mês mais quente é superior aos 22°C com ausência de estação seca. Enquanto o segundo tipo, que ocorre no planalto do Estado, corresponde ao clima mesotérmico com verões amenos e ausência de estação seca, (VIANELLO; ALVES, 1991).

4.1 FATORES ESTÁTICOS E DINÂMICOS

Em Santa Catarina o relevo, altitude, continentalidade e maritimidade são os fatores estáticos que mais interagem com os sistemas atmosféricos. A influência desses fatores interfere diretamente na condição do tempo e do clima e são de grande relevância na ocorrência de tempestades severas (MONTEIRO; MENDONÇA, 2006).

O relevo é caracterizado por serras, planaltos e planícies e tem importância na distribuição de totais de chuva no nosso Estado. De acordo com Monteiro; Mendonça (2006, p. 05) a interferência do relevo ocorre da seguinte maneira:

Como os sistemas produtores de chuva deslocam-se, geralmente, de sudoeste para nordeste encontram reforço no relevo mais acentuado ao norte, próximo as Serras do Capanema, da Fortuna e do Chapecó. Nesse caso, o ar é forçado a ascender, resfria-se adiabaticamente formando mais nuvens que acentuam a quantidade de precipitação local (precipitações orográficas). São as chuvas formadas a barlavento das encostas e que se diferenciam em volume das regiões mais planas, embora influenciadas pelo mesmo sistema atmosférico. Nos lugares que ficam a sotavento da maioria dos sistemas instáveis, a situação é inversa.

No litoral sul ocorrem os menores valores de chuvas anuais porque esta região fica no sotavento dos fluxos de oeste, sendo assim o sistema perde força resultando em chuvas de menor intensidade.

A figura 02 ilustra a formação da chuva orográfica, demonstrando a formação de nuvens por expansão adiabática forçada pelo relevo, com ocorrência de precipitação a barlavento e a estabilidade a sotavento devido o aquecimento do ar por compressão adiabática, ou seja, pela descida do ar.

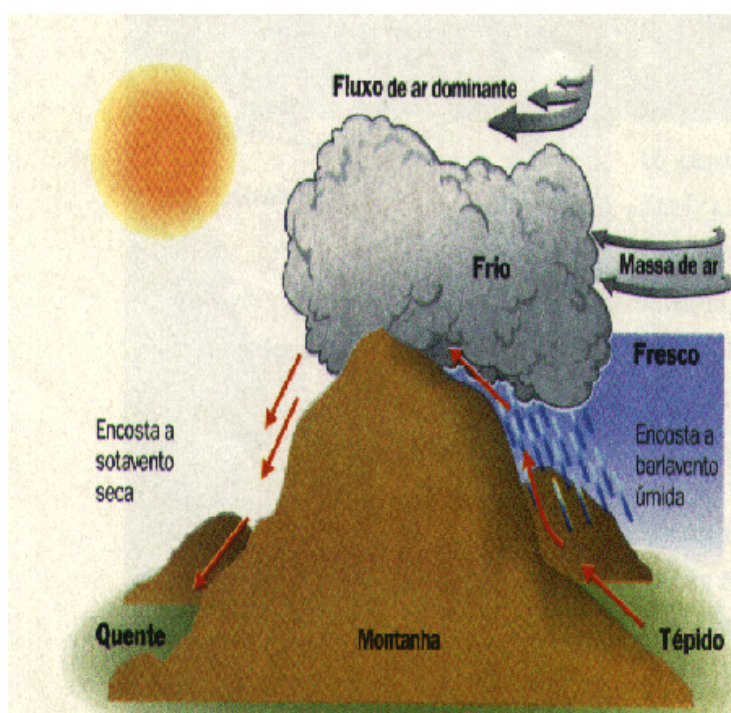


Figura 02: Esquema ilustrativo da formação da chuva orográfica
Fonte: Suasunna (2009)

Chuvas orográficas também ocorrem na costa catarinense, no Litoral Norte devido ao prolongamento sul da Serra do Mar e na Grande Florianópolis pela Serra do Tabuleiro e o Cambirela, além de outras serras da Unidade Geomorfológica Serras do Leste Catarinense. A circulação marítima também contribui na produção de chuvas orográficas.

A altitude interfere no clima da seguinte forma: a cada 1.000 metros de elevação a temperatura declina em média 6,5°C. Nas regiões serranas do litoral, oeste e meio oeste e também nas do planalto catarinense se tem temperaturas mais amenas no verão e mais baixas no inverno, podendo ocorrer formação de neve e geada. Em outras regiões como o litoral

prevalece temperaturas mais elevadas. (MONTEIRO; MENDONÇA, 2006).

A maritimidade e a continentalidade estão associadas em conjunto com o relevo à distribuição da umidade. No litoral a umidade vinda do oceano, fica retida pela escarpa do planalto como demonstra a figura 03 na costa de Santa Catarina.



Figura 03: Efeito do relevo na umidade e nebulosidade em Santa Catarina.
Fonte: Monteiro; Mendonça (2006, p.05).

Na costa catarinense a umidade retida pela serra pode provocar tempestades severas. Já na região interiorana do Estado, devido à barreira orográfica, a umidade da costa forma somente nuvens.

A temperatura também é influenciada pelos fatores da maritimidade e continentalidade. Nas cidades litorâneas o oceano funciona como um regulador térmico mantendo as temperaturas com pouca variação entre o dia e a noite. Isto ocorre devido ao calor específico, pois o oceano demora mais para se aquecer do que a terra. Portanto durante a noite enquanto o continente tem um resfriamento mais rápido, o oceano se resfria mais lentamente mantendo uma amplitude térmica menor e maior quantidade de evaporação no ar. Já em regiões mais para o interior que não tem a interferência do oceano existe uma amplitude térmica maior devido ao baixo calor específico da terra que aquece e resfria muito rapidamente.

A característica do clima não é dada somente pelos fatores estáticos, os fatores dinâmicos também são muito importantes. Como fator dinâmico destacam-se os sistemas atmosféricos instáveis e o estáveis. O primeiro é responsável por deixar, normalmente, o tempo chuvoso com pequenas amplitudes térmicas durante o dia. Geralmente estão inseridos

em uma massa de ar quente e úmida ou se desenvolve pelo contraste térmico entre duas massas de ar com propriedades diferentes. O segundo é responsável por dar estabilidade ao tempo, ou seja, sem nuvens e predomínio de sol. Este é representado pelos anticiclones, ou seja, um centro de alta pressão em que o ar se afunda vindo de cima (se aquece e fica muito estável) e suprime os movimentos ascendentes necessários à formação de nuvens e precipitação. (MONTEIRO; MENDONÇA, 2006).

Dentro desta lógica, os fatores dinâmicos são sistemas atmosféricos que provocam mudanças nas condições do tempo, deixando estável ou instável. Pela sua localização geográfica Santa Catarina é atingida por diversos fatores dinâmicos. Ayoade (2004) chama esses fatores de sistemas produtores de tempo e define como: “Sistemas de circulação acompanhada por padrões e tipos característicos de tempo que causam as variações diárias e semanais no tempo e são muitas vezes mencionados como sendo perturbações atmosféricas e meteorológicas”.

Em Santa Catarina os sistemas instáveis acontecem associados, entre outros, às frentes frias, aos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), à convecção tropical, à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). (MONTEIRO, 2001).

Alguns destes sistemas atuam durante todo o ano, como as frentes frias que são definidas como zonas limites que separam massas de ar de propriedade diferente. (AYOADE, 2004).

O litoral catarinense é atingido por uma média mensal de 3 a 4 frentes frias durante todo o ano, com um número pouco maior desses sistemas durante a primavera. (RODRIGUES; FRANCO; SUGAHARA, 2004). As frentes frias ocasionam o contraste térmico que dá origem a tempestades severas podendo causar as trombas d’ água. Outros sistemas já atuam mais de acordo com a estação do ano, dando característica de dinamismo ao clima de Santa Catarina.

4.2 DINÂMICA SAZONAL

No verão a Massa Tropical Atlântica atua expressivamente sendo responsável pela procedência dos ventos no litoral catarinense, as temperaturas elevadas e a pressão atmosférica mais baixa. A Massa Tropical Continental também tem sua participação; é formada através do aquecimento da superfície durante os períodos mais quentes sobre a Região do Chaco, dando origem a uma massa seca, quente e instável, apresentando intensa atividade convectiva. As formações de nebulosidade também estão associadas à Massa Equatorial Continental, que se forma sobre a região Amazônica, caracterizada por forte

instabilidade e umidade do ar elevada, dando origem às bandas de nebulosidades chamadas de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Esta pode ser definida como uma banda de nebulosidade que se estende desde o sul da região Amazônica até a região central do Atlântico Sul. Interferem diretamente no clima, proporcionando veranico e tempestades severas, ocasionando enchentes e também a formação da tromba d' água, principalmente no norte do Estado. Em média, uma ZCAS dura de três a cinco dias, mas dependendo das condições meteorológicas como vento e umidade, o fenômeno pode durar por mais de uma semana seguida. A formação de ZCAS é mais freqüente no verão, quando o transporte do vento quente e úmido da região amazônica para o centro do País é mais contínuo (ROCHA; GANDU, 1996).

Nesta estação do ano a intensidade do calor associado aos altos níveis de índice de evaporação favorece a convecção tropical formando fortes tempestades originando chuvas principalmente no final da tarde. (MONTEIRO, 2001). Outro aspecto importante é a passagem de frente fria pelo oceano durante o verão, Segundo Monteiro; Mendonça (2006) isso acontece porque:

... o continente sul americano fica aquecido praticamente por igual, e, em algumas situações sinóticas, a Argentina apresenta temperaturas mais elevadas do que o Brasil. Isto dificulta às frentes frias se organizarem sobre o continente, tornando-as mais ativas sobre o Oceano Atlântico.

A passagem de frentes frias pelo o oceano durante o verão pode provocar um contraste térmico entre a frente e o oceano mais quente, que pode gerar condições atmosféricas instáveis e proporcionar o fenômeno da tromba d' água. (SZILAGYI, 2009).

Durante o outono os bloqueios atmosféricos são bem comuns, impedindo que as frentes frias cheguem ao sul Brasil. Normalmente as frentes frias são desviadas para o oceano quando atinge o Rio Grande do Sul, o que ocasiona tempo estável estabelecendo uma massa de ar seco e mais aquecido. Esta situação pode permanecer por até um mês caracterizando o chamado “veranico”. Nesta época também ocorrem diminuição da precipitação devido aos bloqueios e as primeiras massas polares, apesar de serem fracas, provocam queda de temperatura. (FUENTES, 1997). As trombas d' água também ocorreram no outono, possivelmente devido às temperaturas dos oceanos ainda estarem mais elevadas e com a entrada de uma massa de ar mais fria sobre o oceano pode gerar um contraste térmico e conseqüentemente a tromba d' água.

O inverno é caracterizado pela sucessiva presença da Massa de ar Polar vinda da Antártida acentuando a queda de temperatura em todo o Estado e favorecendo a formação de

geada e precipitação de neve nas áreas mais altas. As frentes frias são mais constantes e se deslocam ao longo do continente devido à trajetória dos anticiclones que são mais continentais do que no verão e outono (MONTERO; FURTADO, 1995).

Na primavera a condição do tempo é mais instável devido aos Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), que são definidos por características observadas em imagens de satélites; no canal infravermelho podem ter a duração de 3 a 36 horas, formando nebulosidades de grande extensão horizontal podendo chegar a 1000 Km. Organizando-se em um grande sistema de convecção podem ser 1000 vezes maiores que uma trovoadas individual ocasionando chuvas torrenciais, granizos, relâmpagos e tornados. (CCM... 2008). São mais comuns nos meses de setembro e outubro e se formam, em sua maioria, no norte da Argentina, de madrugada, e se deslocam para o leste atingindo o Estado de Santa Catarina entre a madrugada e o início da manhã. (MONTEIRO, 2001).

Com o oceano mais frio e os sistemas convectivos formando-se prioritariamente sobre o continente, pelo aquecimento devido à aproximação do solstício de verão, não foram registradas trombas d'água na primavera.

4.3 TEMPESTADES SEVERAS

Em função da sua localização geográfica e orografia, Santa Catarina é alvo constante de eventos de desastres naturais associados às tempestades severas, pois durante todo ano recebe massas de ar tropical e extratropical, onde os contrastes de tempo são muito comuns.

Vianello; Alves (1991, p. 333) trazem o seguinte conceito para tempestade severa: “Refere-se a chuvaradas locais de grande intensidade, acompanhadas em geral, de trovões, descarga elétricas, granizos, ventos fortes, súbitas variações de temperaturas e, ocasionalmente, tornados”.

Em seu trabalho, os autores trazem uma ilustração com a distribuição mundial de tempestade severa (figura 04). Percebe-se que a América do Sul possui focos de elevada ocorrência destas tempestades.

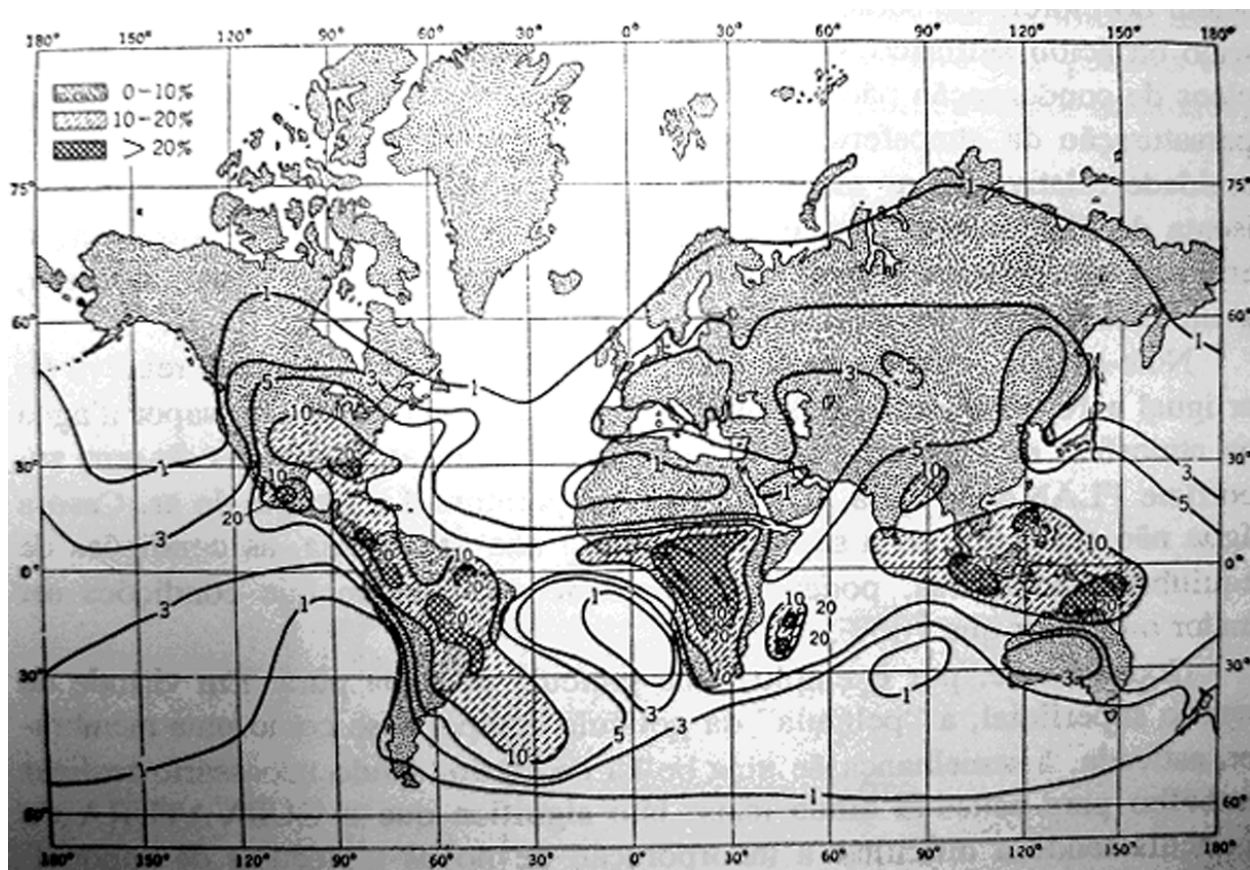


Figura 04: Distribuição mundial de tempestades severas.

Fonte: Vianello & Alves (1991, p.333).

Como mostra a figura 04, a maior parte do sul do Brasil possui uma média constância de ocorrências de tempestade severa, porém o litoral de Santa Catarina, em específico, apresenta uma probabilidade maior de frequência destas tempestades, mais de 20%.

É possível, ainda, definir tempestades severas por meio de dois conceitos: um explícito, que indica tempestades capazes de provocar fenômenos com significativos impactos sociais e econômicos, e outro implícito, indicando tempestades com correntes ascendentes e descendentes bastante intensas (NASCIMENTO, 2005).

Santa Catarina é atingido o ano todo por sistemas produtores do tempo como frente frias, ciclones extratropicais e vórtices ciclônicos que, além de serem bastante comuns no Estado, não deixam de ser perigosos, pois podem provocar chuvas fortes e, consequentemente, alagamentos.

O Estado catarinense situa-se em uma região de ocorrência de sistemas meteorológicos ciclônicos. A passagem desses sistemas evidencia a má ocupação do solo que tem como consequência danos econômicos e sociais. Por outro lado, tais fenômenos provocam bastante curiosidade na população, que os confunde, muitas vezes, denominando-os

erroneamente. É comum a confusão na distinção entre ciclones extratropicais, tornados e furacões.

Furacão é um ciclone tropical, ou seja, uma área de baixa pressão atmosférica que se origina sobre os oceanos cujas temperaturas estejam acima de 26°C. Em geral está associado com deslocamento de anticiclones, mas não associado a um sistema frontal. Seu diâmetro chega à escala de milhares de quilômetros (VIANELLO e ALVES, 1991).

Quase sempre os furacões acontecem na zona intertropical do globo, porém no dia 27/03/2004 houve a primeira ocorrência registrada de “ciclone tropical” na parte meridional do oceano Atlântico, atingindo o sul de Santa Catarina e o nordeste do Rio Grande do Sul. Este primeiro furacão registrado no Brasil ficou conhecido como furacão Catarina. A foto 05, mostra uma imagem de satélite, onde o furacão aparece nitidamente na imagem.

Os ciclones extratropicais, assim como os tropicais, são áreas de baixa pressão atmosférica em seu centro, distinguindo-se dos furacões pela sua fonte de energia. Nos primeiros a energia vem da diferença de duas massas de ar que se encontram, enquanto nos furacões, pelo calor latente liberado pela condensação do vapor d' água. (VILLELA, 1986). Os ciclones extratropicais são encontrados nas médias e altas latitudes e estão associados geralmente aos sistemas frontais.

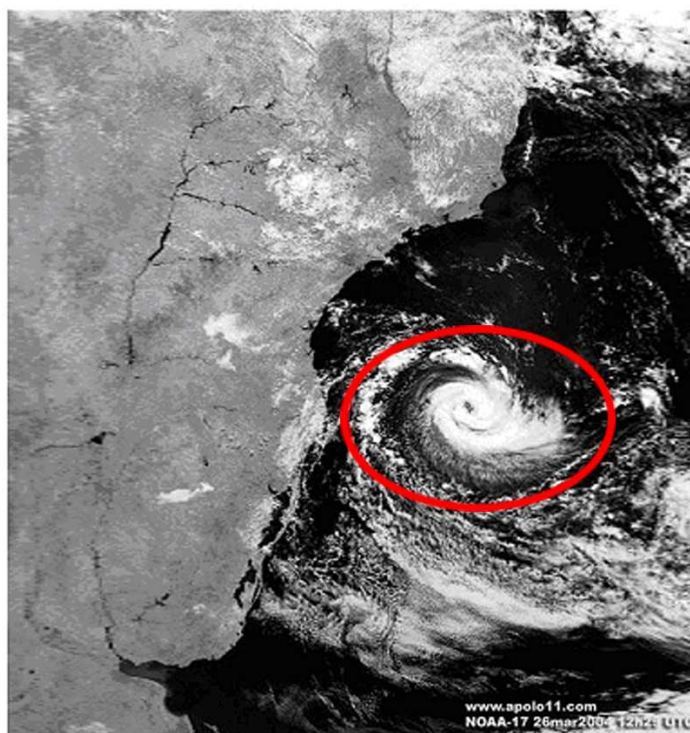


Figura 05: Imagem de satélite do dia 26/03/2004 das 12:29 UTC. Dentro do círculo vermelho o furacão Catarina.

Fonte: Starsat (2009).

O tornado é descrito por Vianello e Alves (1991, p.370) como uma formação que possui:

Um aspecto semelhante a um funil com menor diâmetro à superfície. Sua extremidade mais larga liga-se à base de uma nuvem convectiva, em geral associada a uma forte tempestade nas vizinhanças. Via de regra, o tornado surge rapidamente não permitindo a emissão de alarmes.

São, os tornados, fenômenos de pequena escala, tendo centenas de metros de diâmetro. Os ventos atingem elevada velocidade (podendo alcançar os 400 Km/h) e têm um poder destrutivo elevado. Em superfície líquida o tornado leva o nome de tromba d' água e, nesses casos, geralmente o seu diâmetro é menor na ordem de dezenas de metros. Sobre a água, o poder destrutivo e a velocidade do vento também são menores, porém apresentam grandes riscos para a navegação e para esportes aquáticos. A figura 06 mostra dois registros fotográficos de uma tromba d' água próxima da plataforma P17 da Petrobrás, no município de Campos, estado do Rio de Janeiro.



Figura 06: Tromba d' água ocorrida no dia 25/05/2001 em Campos (RJ).
Fonte: Cabral (2009).

Pelas fotografias, percebe-se a proximidade entre o fenômeno e a plataforma P17. Neste dia, felizmente, a ameaça de um possível risco de destruição não se concretizou e nenhum tipo de estrago foi contabilizado.

5 CARACTERÍSTICAS DA TROMBA D' ÁGUA

A maioria dos autores conceitua a tromba d' água como um tornado em superfície líquida. Não diferente é a descrição para tromba d' água do glossário de meteorologia da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Normalmente, o fenômeno se refere a uma pequena coluna de ar rotatória sobre uma superfície aquosa ligada a uma nuvem do tipo cumulonimbus. São mais comuns em águas tropicais e subtropicais (GLOSSARY WATERSPOUT, 2009).

Portanto, o princípio de formação de uma tromba d' água e de um tornado é o mesmo. Ambos estão associados à tempestade severa. O tornado é formado em um ambiente muito instável na base de nuvens convectivas conhecidas como cumulonimbus, mesociclones ou supercélulas. A figura 07 mostra a estrutura de uma nuvem cumulonimbus.

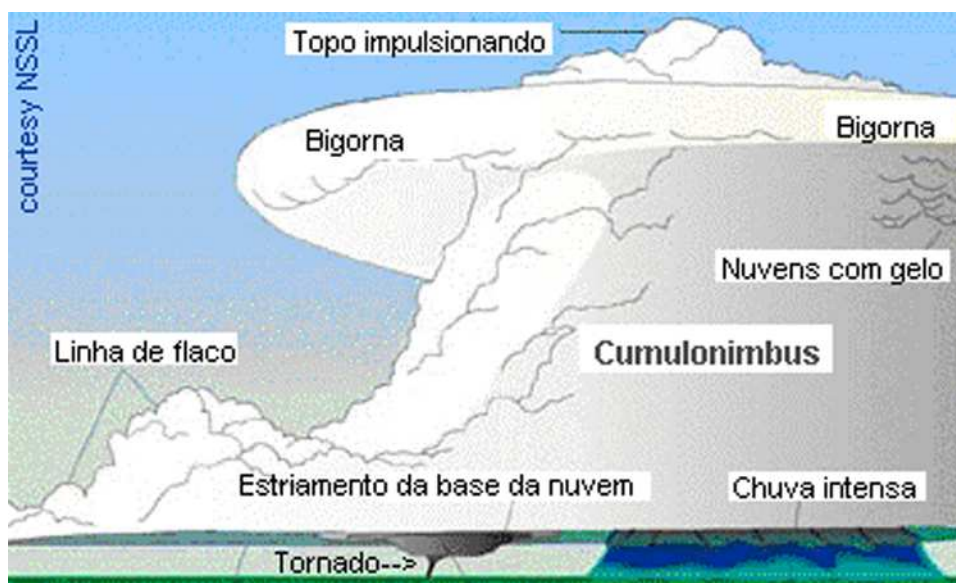


Figura 07: Ilustração referente à estrutura de uma cumulonimbus.
Fonte: Marcelino (2003, p. 29).

Vianello e Alves (1991, p.333) fazem a seguinte referência do desenvolvimento da nuvem cumulonimbus:

O grande desenvolvimento dos cumulonimbus e, conseqüentemente, das tempestades locais, acha-se associado a presença ar quente, úmido e instável. Com tais características podem localizar-se no interior de uma massa de ar, ao longo de uma

frente ou em uma linha de instabilidade. Em regiões montanhosas, formações isoladas não são raras, especialmente no verão.

O tornado é considerado como o fenômeno de maior poder destrutivo. Normalmente, associado a ele ocorre chuva de granizo e elevada precipitação pluviométrica. Isto devido ao intenso núcleo de instabilidade que o tornado está relacionado. A tabela 02 mostra a escala Fujita ou F-escla, a mais utilizada no mundo para classificação dos tornados, de acordo com a velocidade do vento que ele atinge e os danos causados pelos mesmos.

Tabela 02: Escala Fujita com associações de outras características correlacionadas.

Escala	Categoria	Força (km/h)	Comprimento da trilha (km)	Largura da trilha (m)	Danos esperados
F0	Fraco	65-116	0-1,6	0-16	Leves
F1	Fraco	119-177	1,6-5	16-50	Moderados
F2	Forte	180-249	5,1-15,9	51-160	Consideráveis
F3	Forte	252-332	16-50	161-508	Severos
F4	Violento	335-418	51-159	540-1400	Devastadores
F5	Violento	421-512	161-507	1600-5000	Incríveis

Fonte: Marcelino (2003).

A tromba d' água é menos intensa em relação ao tornado e está mais associada à forte instabilidade quando uma massa de ar frio na atmosfera se move sobre oceanos, rios ou lagos mais quentes, elevando os valores de umidade na troposfera e gerando uma intensa convecção (SZILAGYI, 2009).

Apesar de também permanecer ligada a base de uma cumulonimbus, a tromba d' água não tem o mesmo poder destrutivo do tornado e, geralmente, não é acompanhada por trovadas. Na escala Fujita é classificada como F0. Porém, representa grande perigo a embarcações.

A figura 08 apresenta os registros fotográficos realizados por Paulo Maluche e indica (a) o processo de formação, (b) o auge da intensificação, (c) a perda de intensidade e (d) a dissipação da tromba d' água ocorrida no dia 27 de janeiro de 1996 na Praia Grande, no município catarinense de São Francisco do Sul.

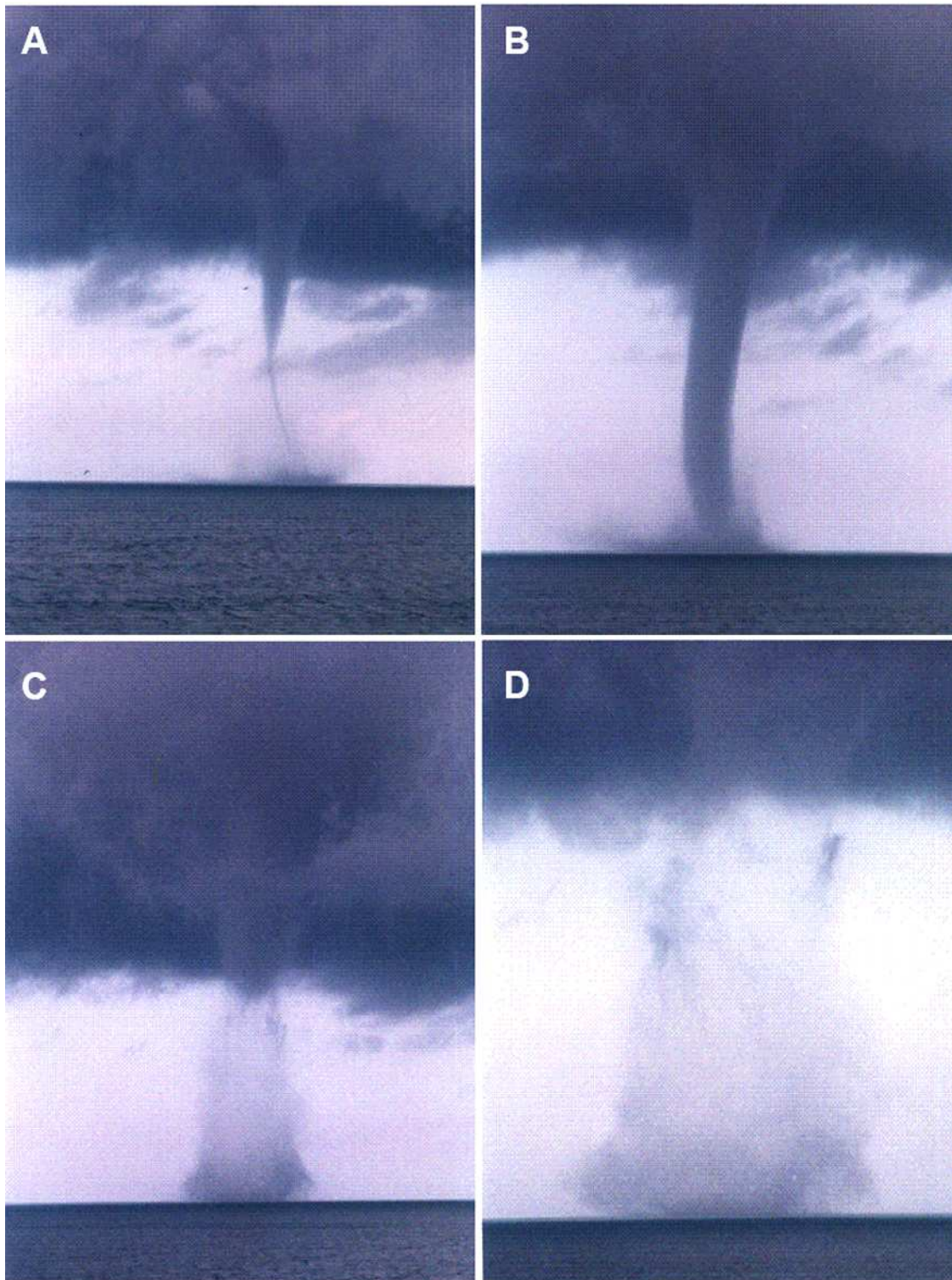


Figura 08: Registros fotográficos dos processos de formação e dissipação da tromba d' água.
Foto: Paulo Maluche

5.1 TROMBA D' ÁGUA NO MUNDO

Existem poucas informações a respeito de tromba d' água no mundo. A maioria das obras dá destaque aos tornados, pois estes têm um maior efeito destrutivo atingindo diretamente o local onde a população se encontra.

A tromba d' água ocorre em regiões onde o ar continental frio se expande sobre água aquecida. Acontecem principalmente ao longo da costa leste dos Estados Unidos, no Golfo do México e ao largo das costas da China e Japão. Apesar da tromba d' água ser mais comum em regiões tropicais, aparecem com bastante frequência nas regiões temperadas sendo comum na costa ocidental européia e nas águas do Mediterrâneo e do Báltico. (BLAIR, 1964).

Anualmente, nas costas européias, acontecem cerca de 160 trombas de água, com ocorrências da ordem de 60 nos Países Baixos, 25 na Itália e na Espanha e 15 no Reino Unido. (SZILAGYI, 2009).

No Hemisfério Norte a maior ocorrência de tromba d' água se dá no outono, sendo o mês de setembro o que tem o maior número de acontecimentos, como mostra a figura 09.

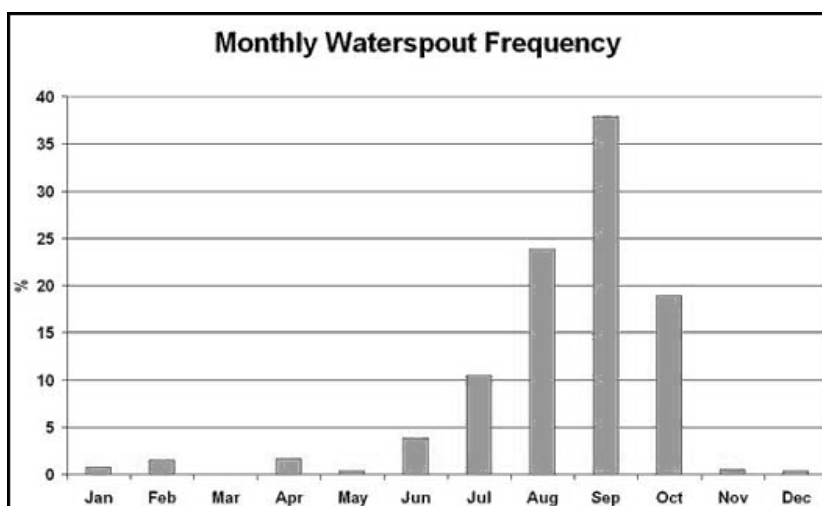


Figura 09: Frequência de distribuição mensal de tromba d' água no Hemisfério Norte.
Fonte: Szilagyi (2009).

Nos meses de outono, o oceano tem sua temperatura mais elevada devido à radiação presente na estação anterior que é mais quente. Como a água tem o calor específico mais elevado, ela demora mais para esquentar e esfriar, portanto, as consequências da mudança de sua temperatura só vão começar a aparecer no outono. Sendo assim, tanto no hemisfério norte

quanto no sul, os meses de outono estão mais propícios para ocorrências de furacões e tornados. Exemplo da relação entre os fenômenos e as elevadas temperaturas dos oceanos é a frequente ocorrência de furacões no hemisfério norte ao longo dos meses de julho a outubro. No caso do hemisfério sul, o registro do furacão Catarina, no mês de março de 2004, também evidencia essa relação.

5.2 TROMBA D' ÁGUA NO BRASIL

No Brasil existem muitos registros de trombas d'água em todo o seu território. As regiões Sul e Sudeste são as de maiores ocorrências deste tipo de fenômeno, principalmente nas cidades litorâneas. Mais recentemente no dia 21 de abril de 2009, na praia de São Conrado, litoral do Rio de Janeiro, uma tromba d' água se formou muito próxima à costa, assustando moradores e surfistas que ficaram muito próximos da tromba d' água.

No interior do país também ocorre este tipo de fenômeno. No dia 10 de junho de 2008, no município de Santarém, localizado no Estado do Pará, ocorreu uma tromba d' água no Rio Tapajós. Na região Amazônica esse tipo de evento é raramente registrado, pois é uma área pouco povoada. (G1, 2009).

No nordeste também foi registrada ocorrência de uma tromba d' água. Foi no dia 12 de fevereiro de 2008, mais precisamente na praia da Paciência, em Salvador, Bahia.

Até mesmo já foram identificados peixes, rãs e outros animais habitantes da água em povoados mais para o interior, e uma explicação pode ser a ocorrência de tromba d' água que carregaram esses seres vivos para outras localidades, longe de seu habitat de origem (DEMILLO, 1998).

Percebe-se que o fenômeno tromba d' água no Brasil não é tão incomum; existem diversos registros fotográficos e relatos orais por todas as regiões do país. Há, inclusive, lendas do nosso folclore relacionadas, como por exemplo, o Saci-Pererê. Dizem que ele está nos redemoinhos de vento, o que pode ser uma associação com o tornado, identificado como uma simbologia folclórica (SACI-PERERÊ, 2009).

6. ANÁLISE DAS TROMBAS D' ÁGUA EM SANTA CATARINA

6.1 DINÂMICA DAS TROMBAS D' ÁGUA

Em Santa Catarina foram registradas pela EPAGRI/CIRAM doze trombas d' água desde 1996; sete no Litoral Norte, sendo cinco em São Francisco do Sul e duas em Itapoá. Os demais cinco casos ocorreram na Grande Florianópolis, sendo um na Palhoça e o restante na Ilha de Santa Catarina. A figura 10 ilustra as ocorrências de acordo com a localização e o ano em que ocorreu.

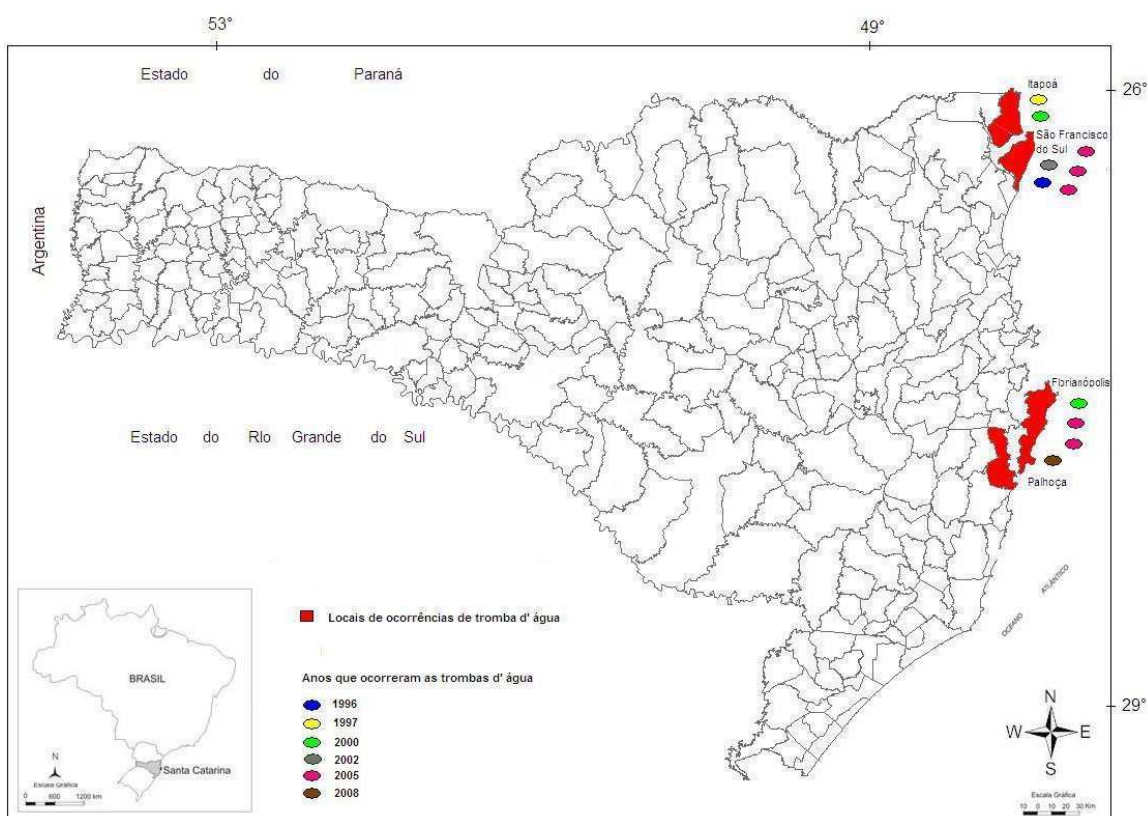


Figura 10: Figura com a localização e o ano de cada ocorrência de tromba d' água em Santa Catarina.
Fonte: Elaborado por Felipe Mendes Silva

De acordo com o mapa percebe-se que o Litoral Norte é a região mais atingida por esse fenômeno. Isto é devido aos elevados percentuais de umidade relativa encontrados nesta região que se deve a maritimidade associada à proximidade da Serra do Mar, com altitudes de

1200 m em média. Esta situação desencadeia a formação de nuvens profundas do tipo grande cumulus e cumulonimbus a barlavento. Já na região da Grande Florianópolis estes fenômenos estão mais relacionados com os sistemas convectivos isolados pelo elevado índice de evaporação. (OLIVEIRA, 2000).

6.2 SÃO FRANCISCO DO SUL

Neste município aconteceram cinco casos e foi feito o primeiro registro fotográfico da tromba d' água no Brasil (OLIVEIRA, 2000). Dos cinco acontecimentos três deles foram no ano de 2005, inclusive um no inverno.

6.2.1. Episódio de 27/01/1996

Antecedeu o evento uma massa de ar seco e quente, com temperaturas mínimas acima de 20°C e máximas alcançando os 35°C. No dia 26 observa-se o auge do sistema pré-frontal e no dia da ocorrência de tromba da água o avanço da frente fria, o que causou um contraste de temperatura e conseqüentemente a convecção que deu origem ao fenômeno. A tabela 03 mostra os registros das variáveis meteorológicas desde o dia da atuação da última frente fria no Estado até dois dias depois da ocorrência da tromba d' água. O domínio da massa de ar tropical (MTA) pode ser observado pela direção do vento, que se inverte a partir do dia 27, quando também a diminuição da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar às 15h00m, denunciam a aproximação do ar frio polar (MP).

Tabela 03: Registros das condições atmosféricas do dia 04/02/1996 a 29/01/1996 da estação meteorológica convencional de Joinville.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
17/01/1996	23.00	32.00	63	19.00	X	C	0.00
18/01/1996	20.00	25.50	78	3.00	X	C	0.00
19/01/1996	23.00	26.50	79	7.50	X	E	8.28
20/01/1996	22.00	29.50	63	15.00	X	E	8.28
21/01/1996	22.00	29.20	66	10.00	X	NE	8.28
22/01/1996	21.00	30.00	59	16.00	X	C	0.00
23/01/1996	23.00	35.40	57	22.00	X	C	0.00
24/01/1996	22.50	30.50	60	0.00	X	SE	12.24
25/01/1996	25.00	34.00	60	0.00	X	E	8.28
26/01/1996	23.50	35.00	50	16.00	X	E	8.28
27/01/1996	23.00	32.00	78	13.00	X	S	4.32
28/01/1996	23.00	29.50	76	17.00	X	SE	8.28
29/01/1996	23.00	32.00	55	0.00	X	C	0.00

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva

A figura 11 mostra as trajetórias das frentes frias pelo litoral do Brasil no mês de janeiro de 1996. O dia 27 antecede a passagem da frente que foi registrada às 09h00min do dia 28 em Florianópolis, sucedendo um período de 10 dias sem passagem de frente fria antes do ocorrido, ou seja, um período de transição e domínio da Tropical Atlântica.

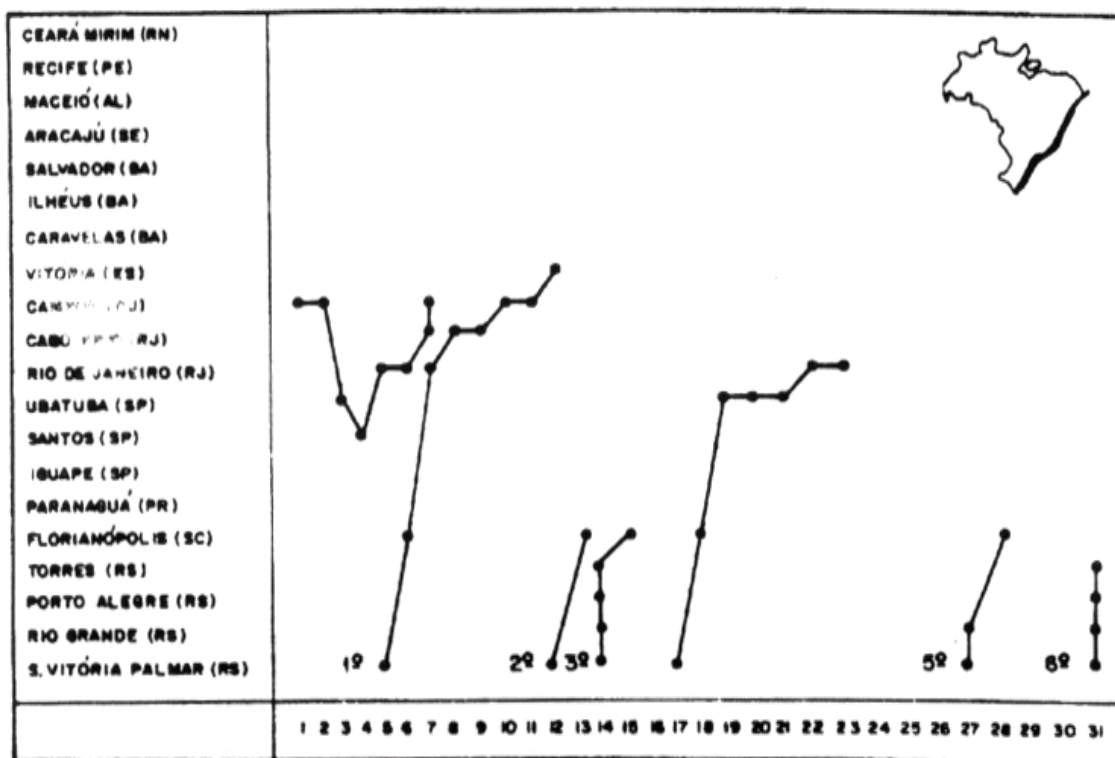


Figura 11: Passagem de frentes frias no mês de Janeiro de 1996 na costa do Brasil.
Fonte: Climanalise, jan. 1996. (CPTEC/INPE).

Embora os sistemas frontais não tenham atuado no Brasil durante 10 dias, houve precipitação no litoral norte, provavelmente causada por uma alta pressão localizada no oceano, o que causou nebulosidade em algumas regiões do Estado. A direção do vento em alguns dias de leste, sudeste e nordeste contribuíram para empurrar a umidade do oceano para costa provocando chuva no litoral, potencializadas na região pela Serra do Mar. As figuras 12, 13 e 14 mostram as imagens de satélite e as cartas sinóticas dos dias 25/01/1996, 26/01/1996 que antecederam a tromba d' água e a do dia 27/01/1996 quando ocorreu o fenômeno. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo A.

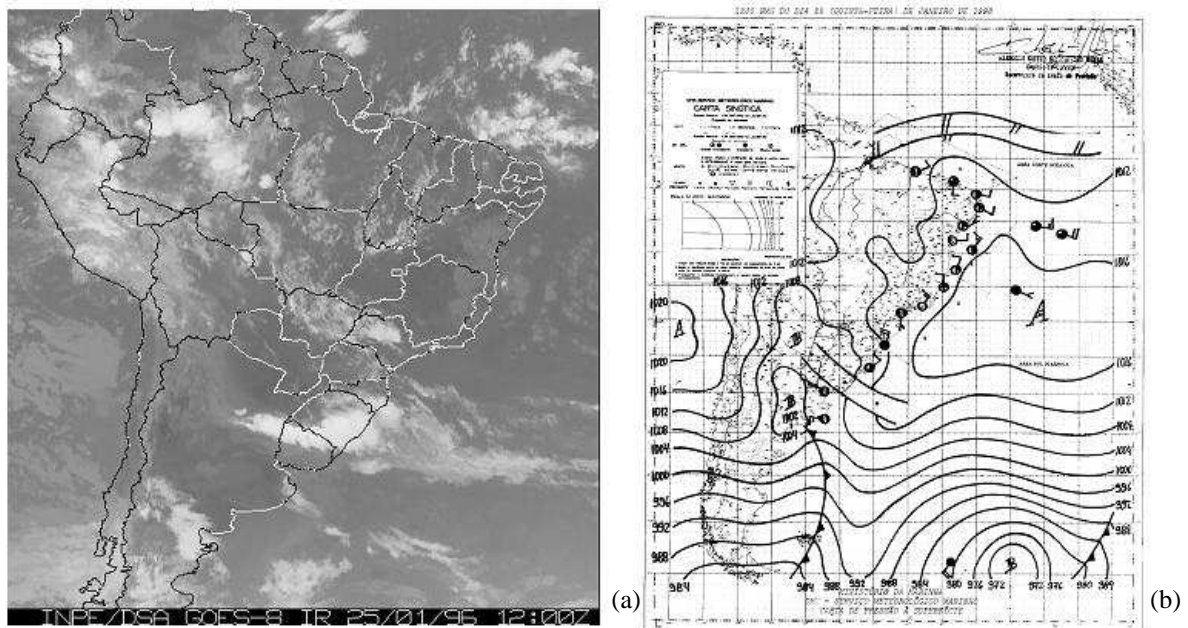


Figura 12: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 25/01/1996.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

A nebulosidade observada no dia 25/01/1996 no sul de Santa Catarina foi causada por uma baixa pressão próxima ao Rio Grande do Sul e uma corrente de jato como indica a figura 12 (b). Em São Francisco do Sul não teve registro de precipitação e a temperatura chegou em 34°C.

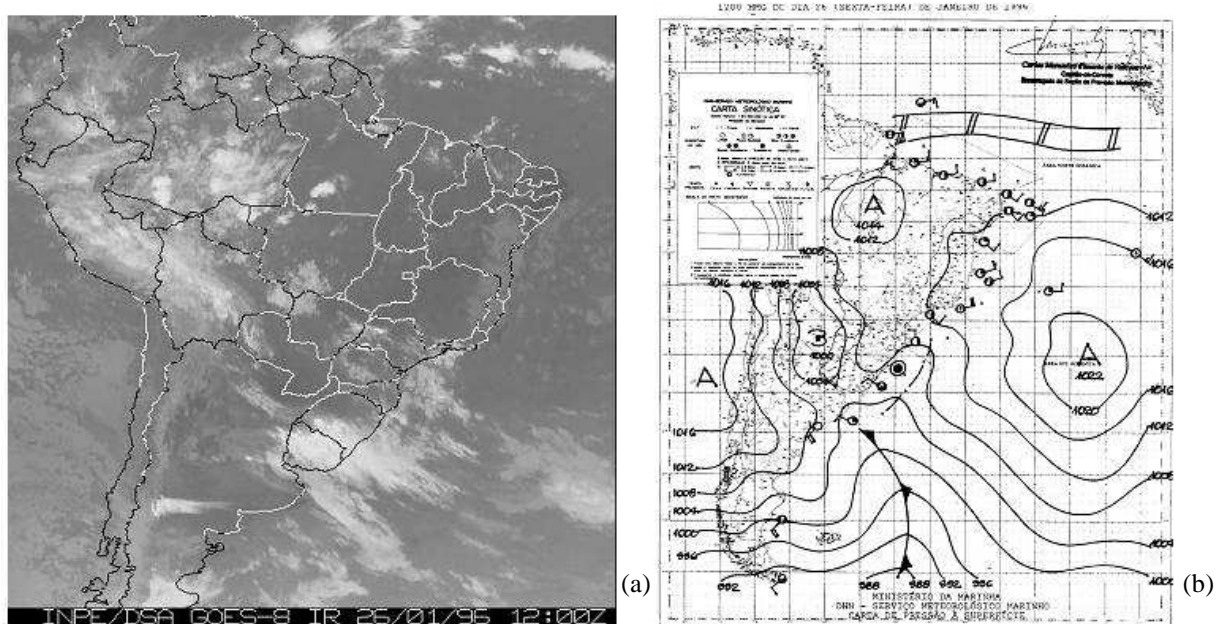


Figura 13: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 26/01/1996.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 26/01/1996 a alta pressão no oceano próximo ao litoral de Santa Catarina contribui com a nebulosidade no litoral norte. Uma frente fria se aproxima da região sul do Brasil dando a condição pré frontal em Santa Catarina, a temperatura máxima registrada foi de 35°C.

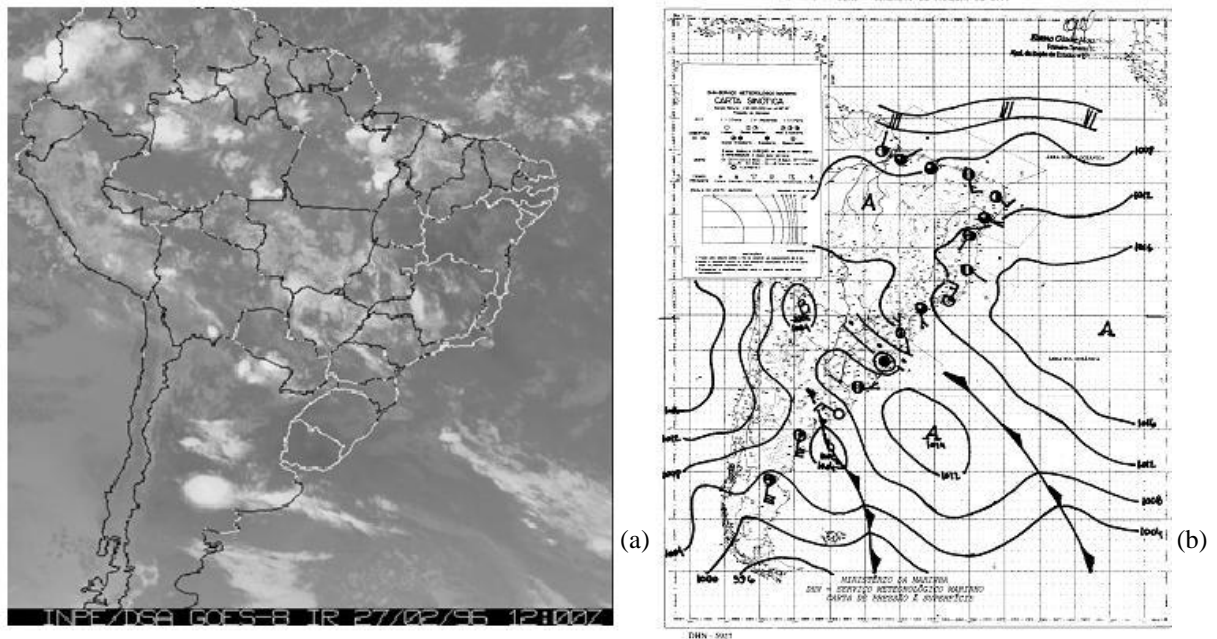


Figura 14: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 27/01/1996.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 27/01/1996 a frente fria chega a Santa Catarina, a direção do vento registrada às 15 horas é de sul. Provavelmente o contraste térmico causado pelo ar frio que acompanha o sistema frontal provocou a tromba d' água. A cobertura de nuvens associada ao aumento da umidade relativa do ar pode também ter contribuído para o efeito estufa que desencadeou a formação do fenômeno ciclônico.

A temperatura da superfície do mar no intervalo de 0,5°C a 1°C abaixo da climatologia, como mostra a figura 15 (b) e a figura 15 (a) indica a TSM do dia do evento meteorológico.

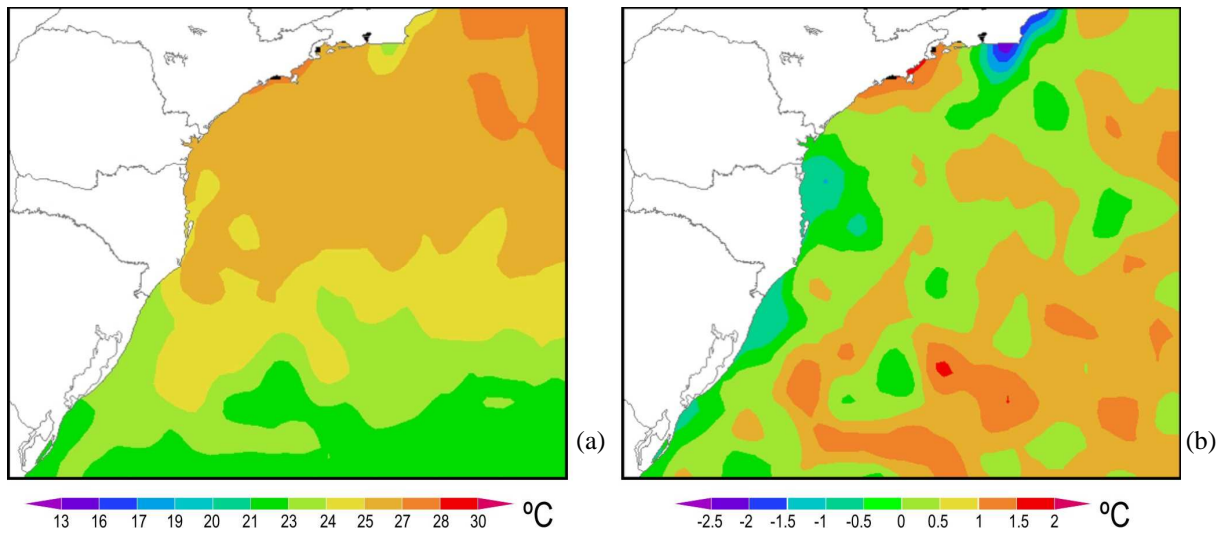


Figura 15: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 27/01/1996.
Elaborado por Felipe Mendes Silva

A TSM estava entre 26°C e 27°C. Mesmo com a TSM abaixo da normalidade o oceano estava quente e foi suficiente para fornecer mais umidade para atmosfera e intensificar o fenômeno.

A figura 16 mostra a fotografia tirada por Paulo Maluche no momento da ocorrência da tromba d' água na Praia Grande em São Francisco do Sul.



Figura 16: Foto da tromba d' água em São Francisco do Sul no dia 27/01/1996.
Foto: Paulo Maluche.

6.2.2 Episódio de 09/01/2002

Em São Francisco do Sul, durante os dias que antecederam o evento atmosférico não houve a passagem de nenhuma frente fria favorecendo as altas temperaturas e a elevação da umidade relativa, ocorrendo, no período da tarde, fortes trovoadas devido à convecção. No dia 05/01/2002 registrou-se a ocorrência de um tornado no município de Piçarras. A formação da tromba d' água em São Francisco do Sul, ocorreu quatro dias depois.

A tabela 04 mostra os registros da estação meteorológica automática de São Francisco do Sul do dia 31/12/2001 até o dia 12/01/2002. A quantidade de chuva registrada no dia 10/01/2002 demonstra a precipitação que ocorreu com a passagem da frente no dia 09/01/2002 (fig. 20). O período que precedeu à tromba d' água foi dominado por uma massa de ar quente e seca, com temperaturas mínimas acima de 20°C e máximas superiores a 30°C, alcançando 35,5°C no dia 07/01. O avanço da frente fria se percebe a partir do dia 08/01 pela queda das temperaturas e mudança na direção dos ventos, que sopraram mais intensos do Sul. Possivelmente este avanço foi o responsável pelo contraste térmico entre as massas de ar que formou a tromba d' água no litoral norte catarinense.

Tabela 04: Valores das variáveis meteorológicas dos dias 31/12/2001 a 12/01/2002 da estação automática de São Francisco do Sul.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
31/12/2001	22.00	32.00	55	0.00	1001.00	C	0.00
01/01/2002	21.00	28.00	100	2.00	1001.00	E	1.08
02/01/2002	22.00	34.50	45	32.00	1000.00	C	0.00
03/01/2002	24.00	34.00	64	0.00	1002.00	N	0.36
04/01/2002	21.00	34.00	64	7.20	1006.00	E	3.60
05/01/2002	20.00	33.00	78	0.00	1010.00	C	0.00
06/01/2002	23.00	34.00	70	3.00	1007.00	C	0.00
07/01/2002	20.50	35.50	66	0.00	1005.00	E	3.60
08/01/2002	19.00	33.00	68	0.00	1009.00	S	14.40
09/01/2002	23.00	28.00	100	0.00	1015.00	S	3.60
10/01/2002	18.50	28.00	94	100.00	1017.00	E	1.08
11/01/2002	22.00	29.00	100	1.00	1019.00	C	0.00
12/01/2002	16.00	27.00	100	44.60	1015.00	C	0.00

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

Após a passagem da frente houve aumento da pressão e umidade relativa do ar, além da diminuição na intensidade dos ventos, dominando as calmarias, próprias do domínio da massa Polar.

A figura 17 mostra o número de frentes frias que atuaram no litoral brasileiro no mês de janeiro de 2002. É possível notar o número de dias que a costa catarinense ficou sem a presença de sistema frontal, o último havia ocorrido no dia 31/12/2001 e depois ficou 09 dias sem a passagem de frente fria favorecendo um maior tempo de aquecimento e evaporação. Esta figura assinala a ocorrência da frente no dia 11/01/2002, porém a análise das variações dos dados registrados demonstra seu avanço a partir do dia 09/01/2002.

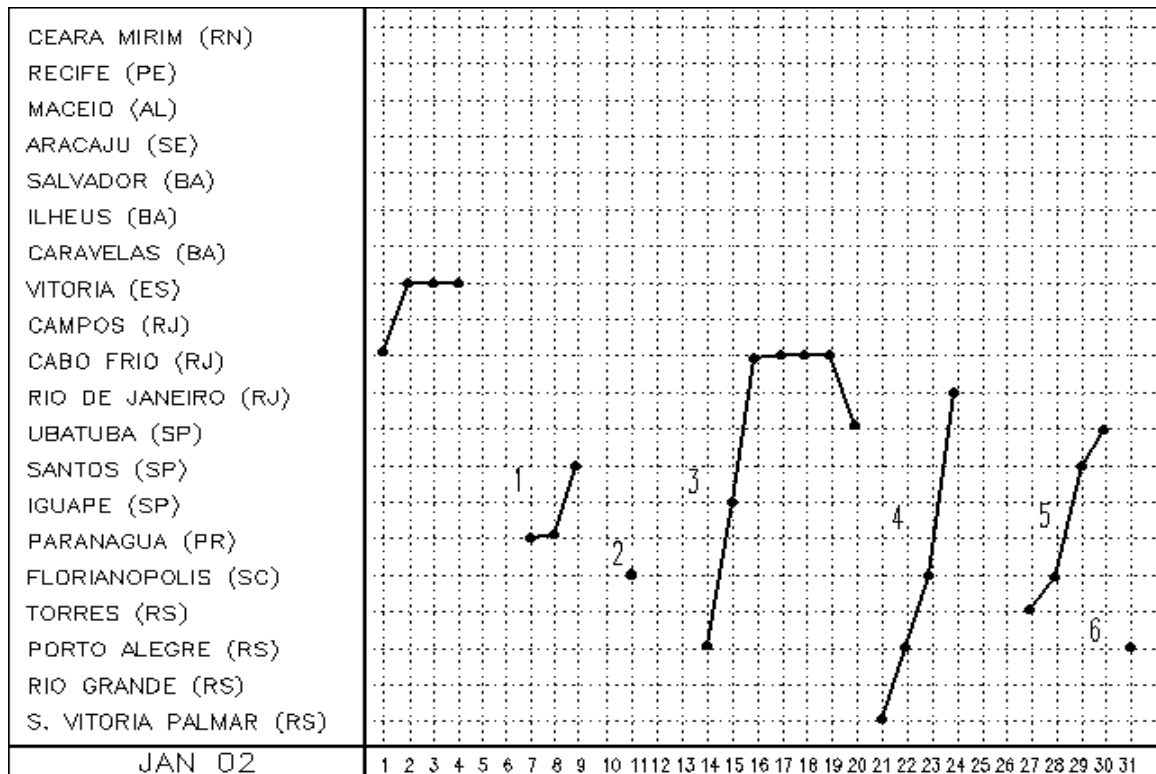


Figura 17: Número de frentes frias que passou no litoral do Brasil em janeiro de 2002.

Fonte: Climanalise, jan. 2002. (CPTEC/INPE).

As figuras 18, 19 e 20 indicam através de imagens de satélite e cartas sinóticas os sistemas meteorológicos que estavam atuando a partir do dia 07/01/2002 até o dia 09/01/2002, dia da formação da tromba d' água. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo B.

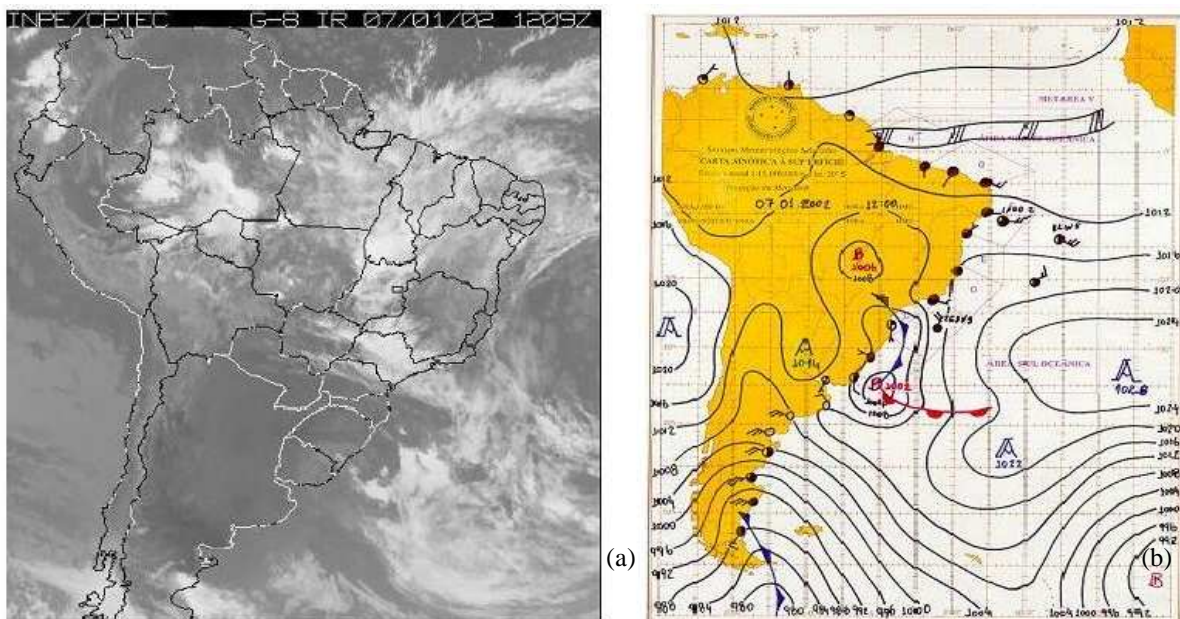


Figura 18: Imagem de satélite das 12:09Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 07/01/2002.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

Neste dia 07/01 uma massa de ar seco estava atuando em todo o estado de Santa Catarina, deixando o tempo estável com temperaturas elevadas. À frente registrada em Paranaguá (fig. 17) pode ser observada na imagem e carta sinótica do dia 07/01.

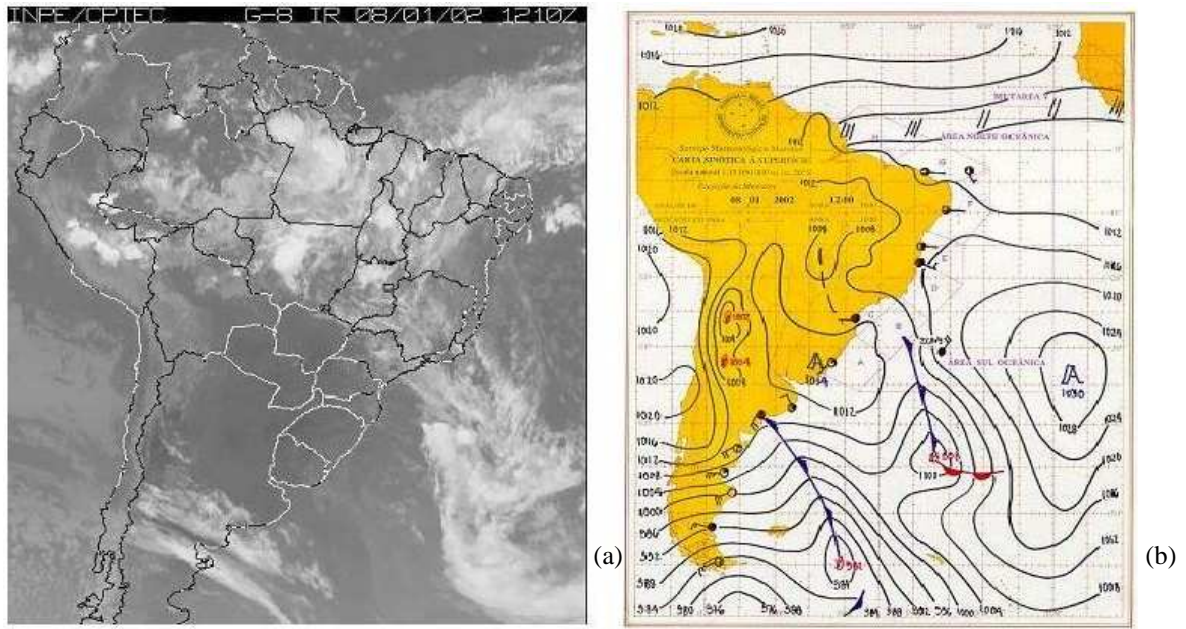


Figura 19: Imagem de satélite das 12:10Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 08/01/2002.

Fonte: CPTEC/INPE.

A ausência de nebulosidade é bem evidente nesta imagem de satélite (fig.19 (a)), persistindo o forte calor e a atuação da massa de ar seco, colaborando com o tempo estável em todas as regiões de Santa Catarina. A carta sinótica (fig. 19 (b)) assinala um centro de alta sobre o Sul do Brasil e o afastamento para o oceano da frente que se formou em Paranaguá no dia 07/01.

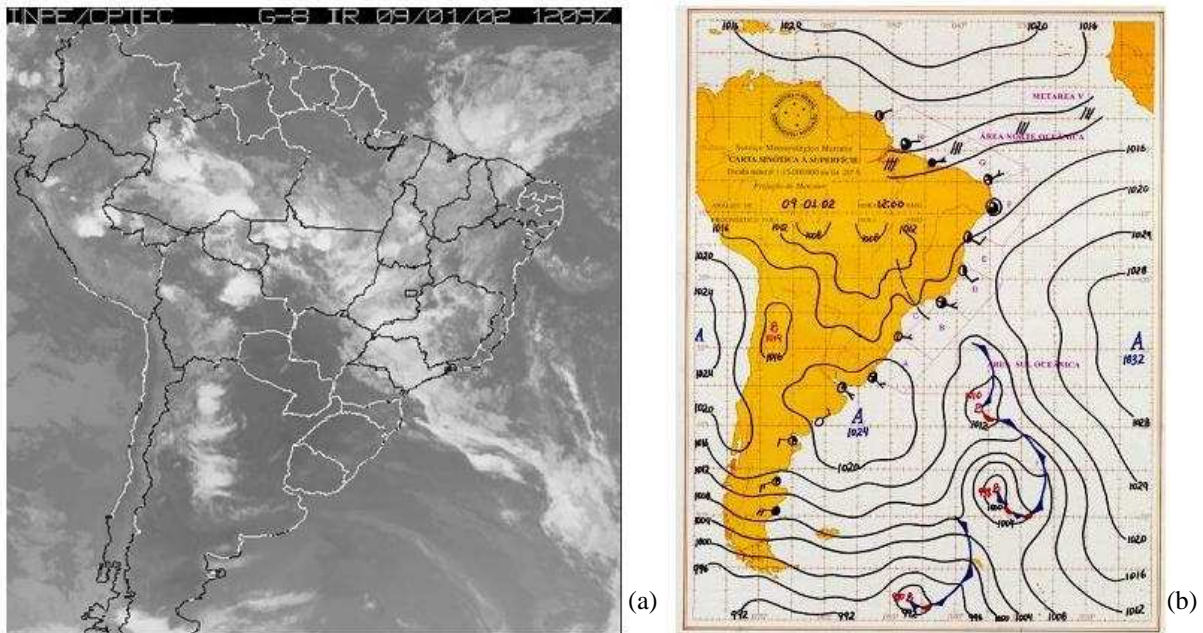


Figura 20: Imagem de satélite das 12:09Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 09/01/2002.

Fonte: CPTEC/INPE.

Já no dia 09/01/2002 observa-se uma banda de nuvem sobre o oceano próximo a costa catarinense (fig.20 (a)). Na carta sinótica a atuação da frente fria é registrada no oceano (fig. 20 (b)), ligada a uma área de instabilidade sobre São Paulo, norte do Paraná e região Amazônica. Neste dia, foi registrada tromba d'água nesse município e forte chuva na região de Joinville, onde o total registrado no dia seguinte foi de 100 milímetros. A linha de instabilidade pode ter influenciado com sua baixa pressão para a ocorrência de contrastes térmicos e distribuição de umidade para a região a partir de níveis mais elevados da atmosfera.

A TSM no litoral norte estava entre 25°C a 27°C, em torno de 0,5°C a 01°C acima da climatologia, como indica a figura 21. Portanto a superfície do mar estava mais aquecida que o normal.

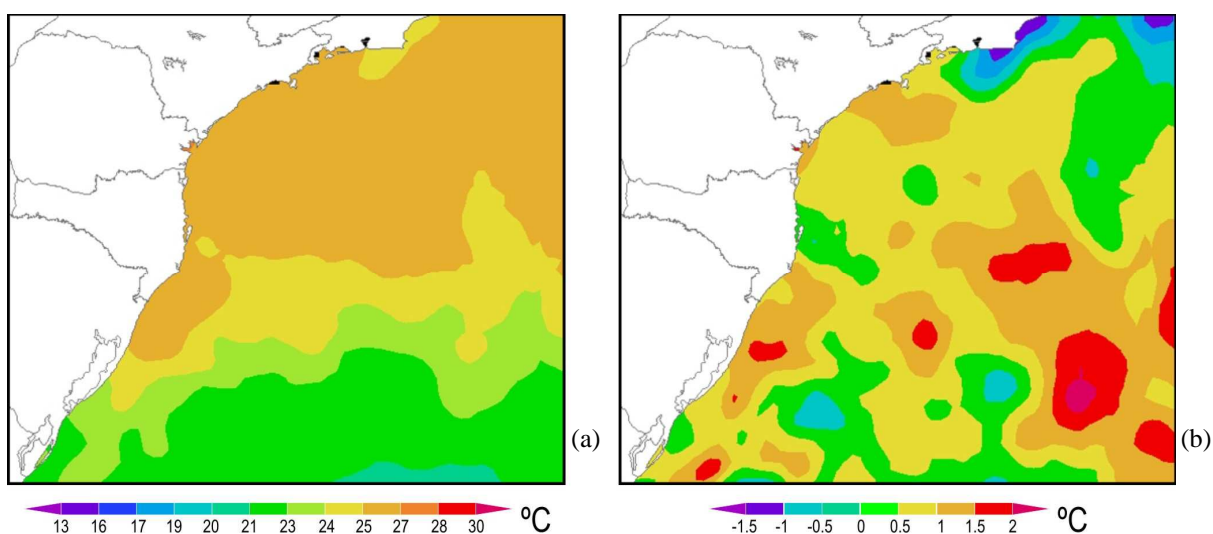


Figura 21: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 09/01/2002.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

6.2.3 Episódio de 26/02/2005

Os dias 18/02 a 28/02 de 2005 foram marcados por temperaturas elevadas e pressão atmosférica baixa. Devido a áreas de instabilidade interferindo diretamente nas condições do tempo no litoral norte catarinense. As chuvas também acontecerem durante todos os dias, porém não muito fortes; somente no dia 23/02 ocorreu um volume maior comparado com os demais dias. A tabela 05 mostra os registros da estação automática de São Francisco do Sul desde a última passagem da frente fria até dois dias posteriores do evento.

Tabela 05: Registros das condições atmosféricas do dia 18/02/2005 a 28/02/2005, na estação automática de São Francisco do Sul.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
18/02/2005	23.14	28.70	77.90	0.00	1012.00	ENE	28.73
19/02/2005	20.83	29.15	70.20	0.00	1013.00	E	27.04
20/02/2005	22.08	28.57	66.17	0.00	1014.00	ESSE	24.19
21/02/2005	18.5	28.30	65.37	0.00	1012.00	E	22.46
22/02/2005	22.14	28.90	65.30	0.00	1008.00	NE	26.89
23/02/2005	24.61	28.90	74.10	20.40	1012.00	NE	20.30
24/02/2005	25.07	29.29	72.80	3.80	1012.20	ENE	24.12
25/02/2005	24.61	30.10	69.96	3.40	1014.00	E	13.68
26/02/2005	22.08	31.23	71.30	4.40	1017.00	S	48.89
27/02/2005	21.03	28.63	74.00	8.80	1007.00	NE	20.95
28/02/2005	22.21	29.89	73.00	0.60	1010.00	E	20.23

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

Durante esses dias predominaram condições tropicais de tempo, proporcionando temperaturas elevadas, pressão oscilando em torno da média ao nível do mar e a ausência de passagem de frentes frias. Áreas de instabilidade predominaram do oeste ao litoral catarinense e foi a provável causa do contraste térmico que originou a tromba d' água. A figura 22 exhibe a quantidade de sistemas frontais que passaram pelo litoral do Brasil no mês de fevereiro de 2005.

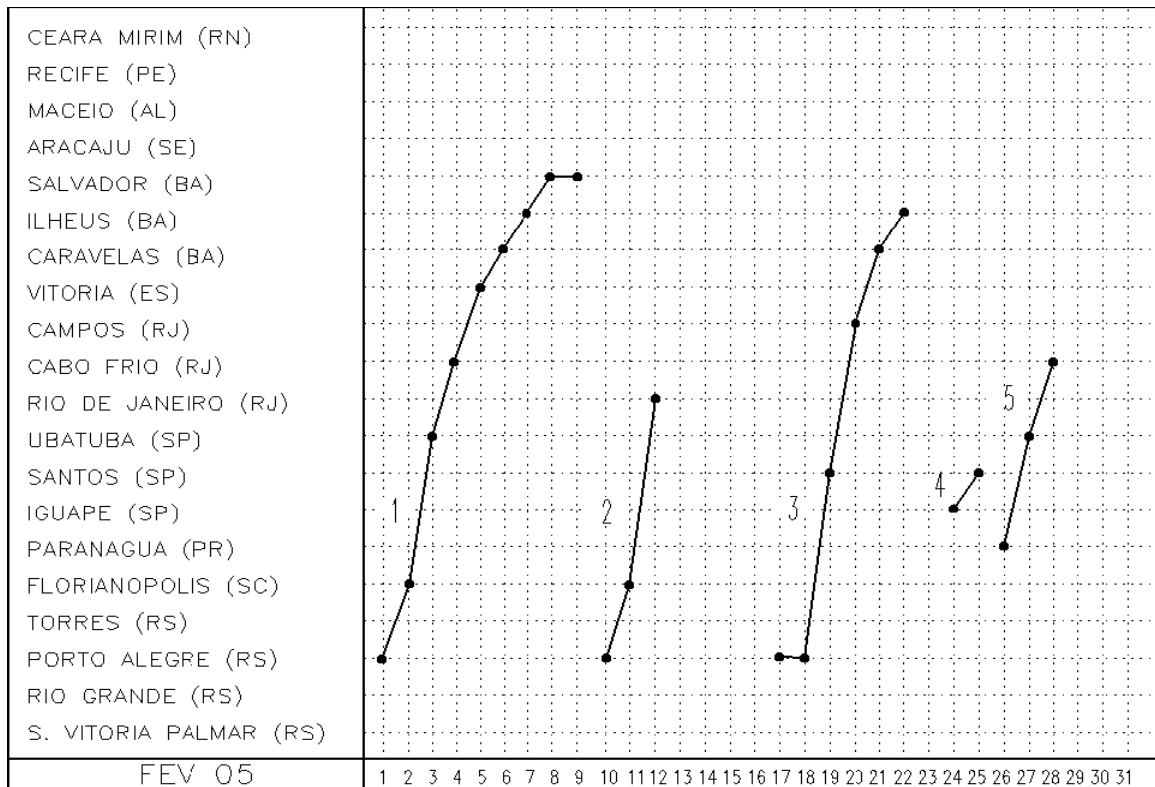


Figura 22: Número de frentes frias que passou no Brasil durante o mês de fevereiro de 2005.

Fonte: Climanalise, fev. 2005. (CPTEC/INPE).

A figura mostra que dos cinco sistemas frontais quatro passaram por Santa Catarina. Também é possível de observar a ausência de passagens frontais desde o dia 18 até o final do mês.

As figuras 23, 24 e 25 abaixo mostram os sistemas meteorológicos que estavam atuando do dia 24/02/2005 até o dia 26/02/2005, dois dias anteriores e o dia do evento. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo C.

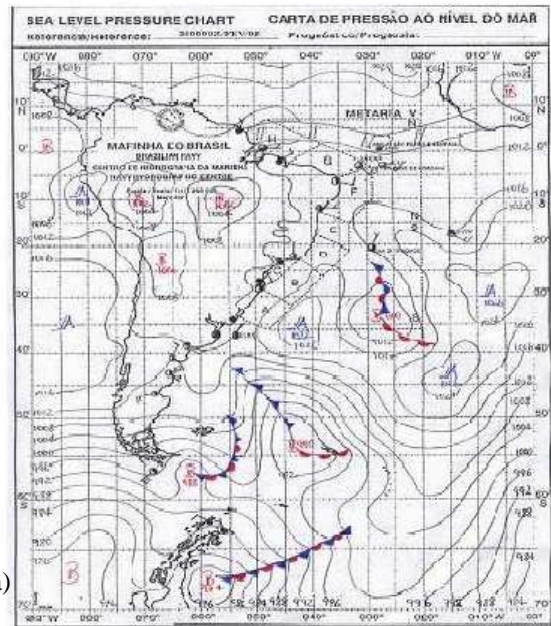
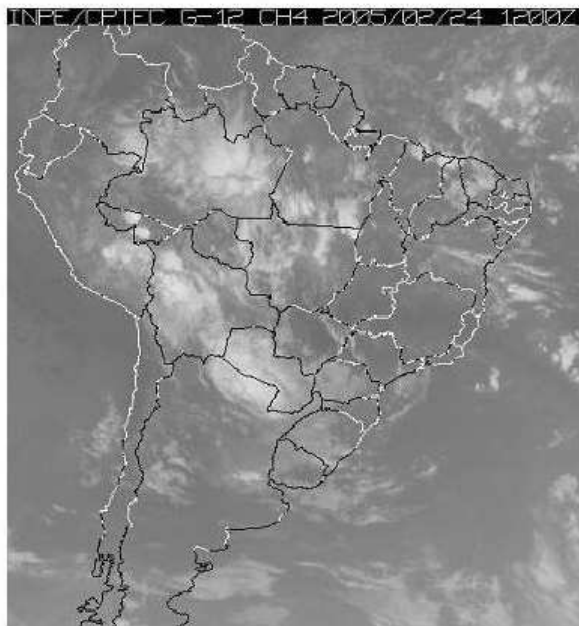


Figura 23: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 24/02/2005.

Fonte: CPTEC/INPE.

O aquecimento do continente nesse período provocou nebulosidade em todo Estado e chuva no litoral norte. A imagem de satélite 23 (a) mostra pontos de cobertura de nuvens pelo sul do Brasil, apesar do domínio de uma massa de alta pressão sobre a costa das regiões Sul e Sudeste (fig.23 (b)).

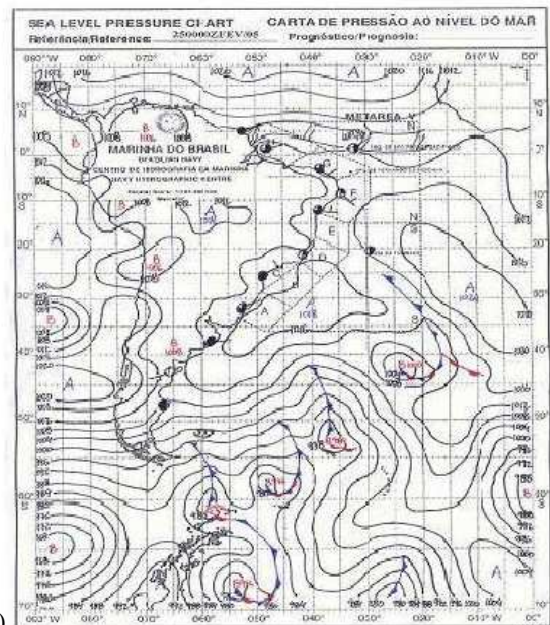
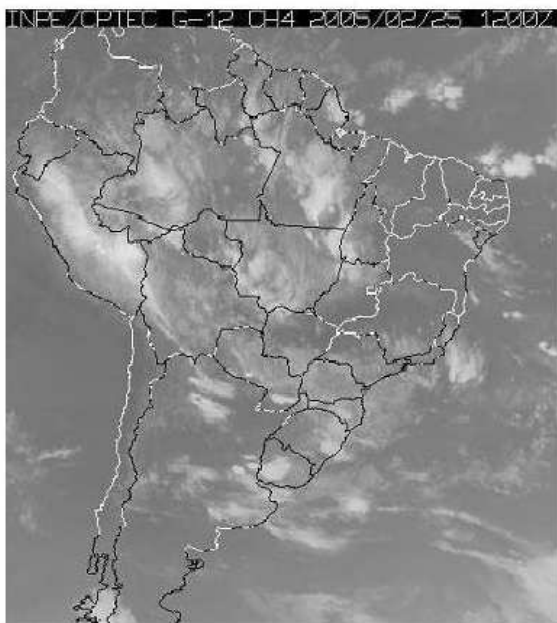


Figura 24: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 25/02/2005.

Fonte: CPTEC/INPE.

As áreas de instabilidade atuaram no Estado cobrindo todas as regiões. As temperaturas seguiram elevadas e a umidade relativa registrada às 15 horas totalizou os 70%, persistindo o tempo quente e úmido.

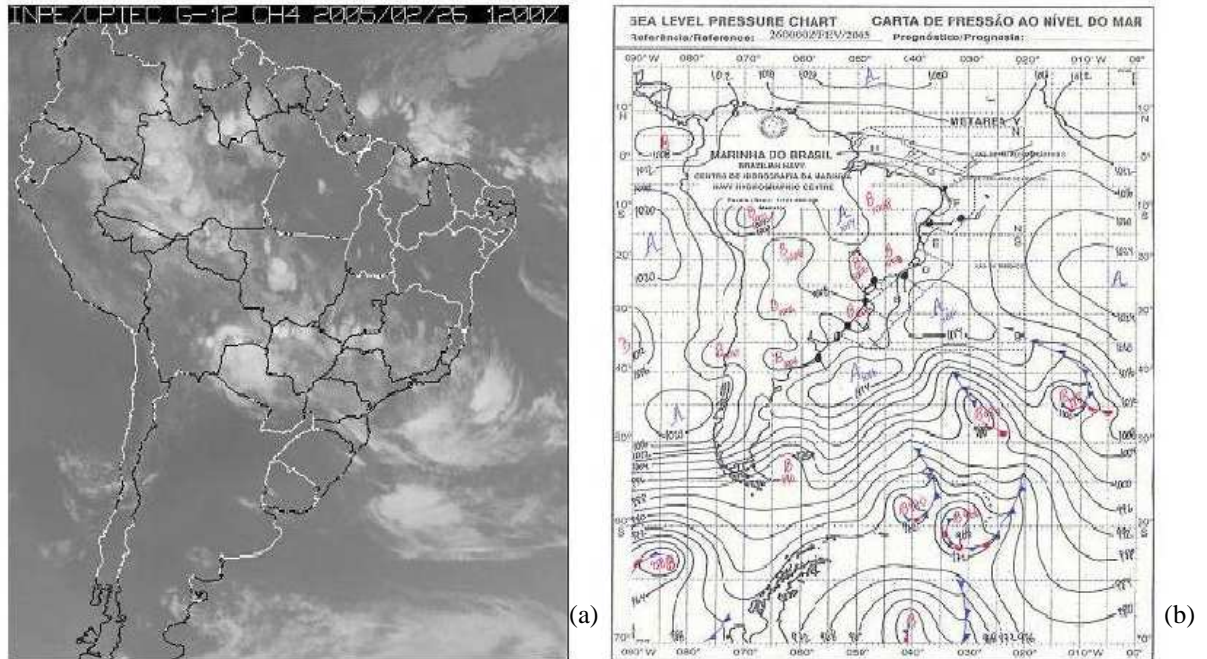


Figura 25: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 26/02/2005.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia do episódio da tromba d' água, ainda persistiam as áreas de instabilidade. A figura 25 (b) mostra um sistema de baixa pressão próxima à costa contribuindo ainda mais com a nebulosidade e chuva no estado.

A mudança da direção do vento para sul às 15 horas do dia 26/02/2005 já indicava mudança nas condições do tempo. A atuação do sistema de baixa pressão em conjunto com as áreas de instabilidade provocou uma forte tempestade os ventos chegaram a 90 Km/h na região de São Francisco do Sul. Também houve o registro de uma tromba d' água no período da tarde, vista ao lado de uma embarcação da Petrobrás.

A figura 26 (a) abaixo mostra a TSM e a figura 26 (b) indica a anomalia da TSM em todo litoral do Estado no dia da ocorrência da tromba d' água.

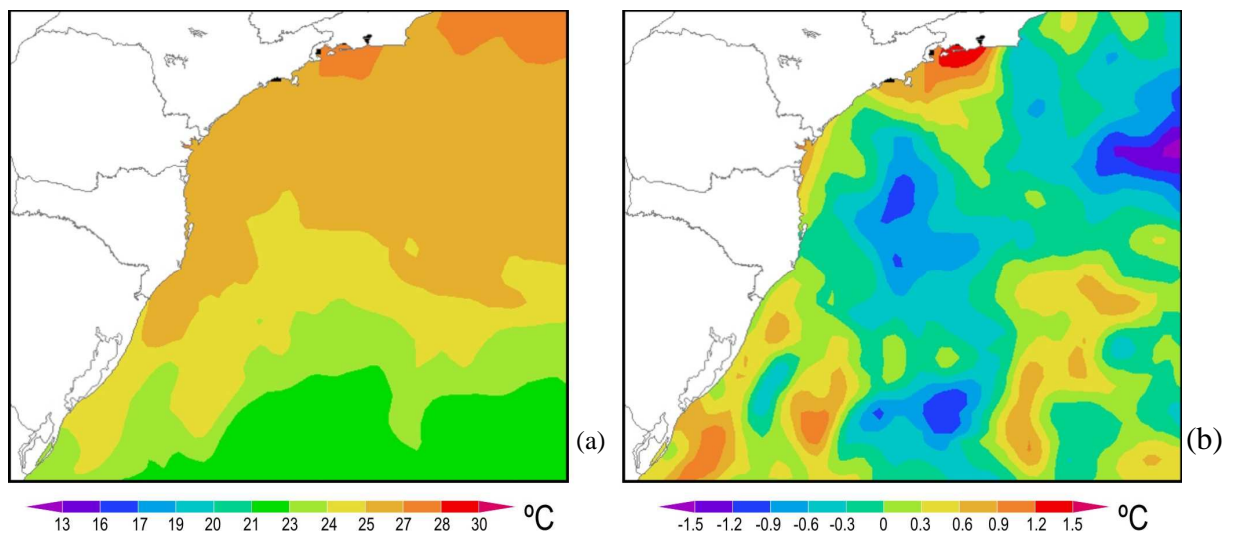


Figura 26: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 26/02/2005.

Fonte: Elaborado por Felipe Mendes Silva.

A TSM estava entre 25°C e 27°C bem próximo da climatologia entre 0,3°C a 0,6°C de anomalia positiva. Isto pode ter proporcionado um aumento na umidade do ar na atmosfera o que favorece a intensificação da tromba d' água.

6.2.4. Episódio de 22/04/2005

Em São Francisco do Sul os dias entre 15/04/2005 e 24/04/2005 se caracterizaram por temperaturas menos elevadas do que as do período que antecederam o evento de janeiro e bastante precipitação, principalmente do dia 20/04 ao 24/04 de 2005. A tabela 06 mostra os valores das variáveis da estação meteorológica automática de São Francisco do Sul do dia 15/04 ao 24/04 de 2005.

Tabela 06: Registros das condições atmosféricas do dia 18/04/2005 a 24/04/2005 da estação meteorológica automática de São Francisco do Sul.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
15/04/2005	23.99	30.19	69,14	0.00	1011.00	ENE	15.88
16/04/2005	21.45	24.90	64,16	0.00	1017.00	SSW	9.54
17/04/2005	20.33	23.71	81,10	0.00	1019.00	SW	10.22
18/04/2005	19.73	26.49	73.60	0.00	1015.00	NE	24.70
19/04/2005	20.26	27.40	69.41	0.00	1012.00	ENE	22.21
20/04/2005	19.53	26.49	69.96	16.77	1012.20	NE	13.07
21/04/2005	19.73	24.84	69.96	26.16	1016.00	SE	26.10
22/04/2005	18.93	24.17	75.90	43.18	1017.00	SSE	23.65
23/04/2005	19.06	25.09	74.00	26.16	1015.00	SSE	23.29
24/04/2005	18.73	25.15	78.30	1.26	1014.00	ESSE	17.28

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

A última passagem de frente fria pelo Estado foi no dia 15/04, portanto as chuvas registradas do dia 20/04 até o dia 24/04 foram causadas por um sistema de baixa pressão (convecção). Neste período que antecedeu a ocorrência da tromba d' água não houve nenhuma passagem de frente fria em Santa Catarina. A figura 27 apresenta a quantidade de sistemas frontais que passaram pelo Brasil no mês de abril de 2005.

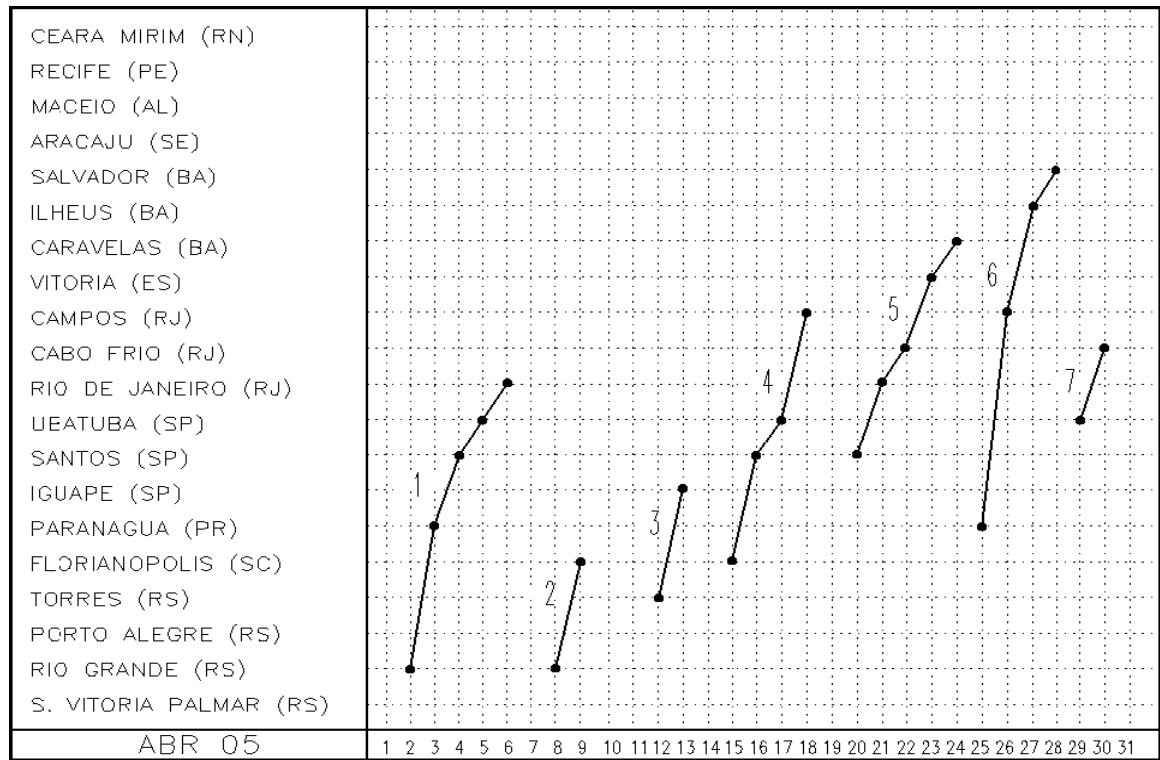


Figura 27: Número de frentes frias que passou no litoral do Brasil durante o mês de abril de 2005.

Fonte: Climanalise, abr. 2005. (CPTEC/INPE).

As figuras (28, 29 e 30) a seguir mostram as imagens de satélite e a carta sinótica do dia 20/04 até o dia 22/04 de 2005, que indica os sistemas meteorológicos atuantes durante esses dias que colaboraram para a formação da tromba d' água. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo D.

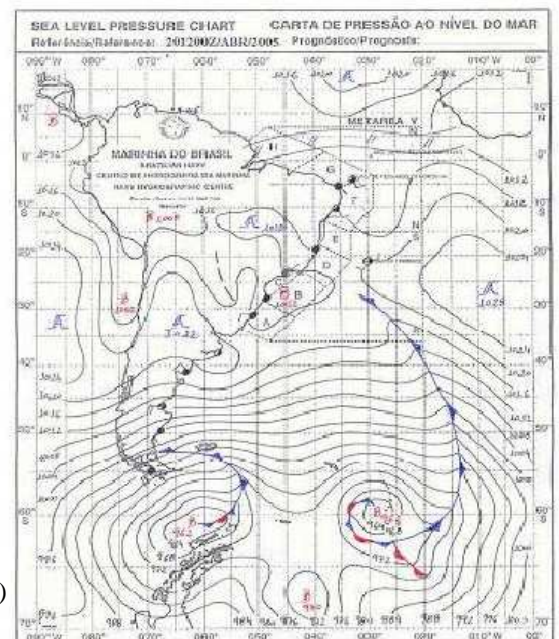
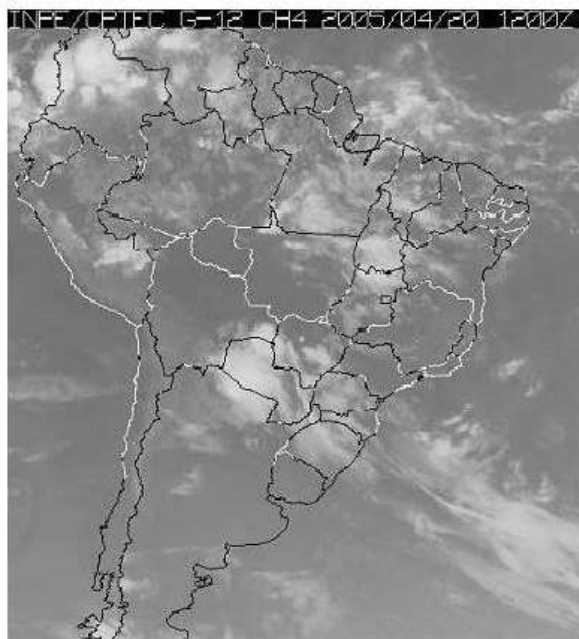


Figura 28: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 20/04/2005.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 20/04 observa-se nebulosidade em todo o Estado, como mostra a figura 28 (a). Na figura 28 (b) é possível observar o sistema uma baixa pressão no continente, causando a nebulosidade. Em São Francisco do Sul choveu, 16.77 milímetros.

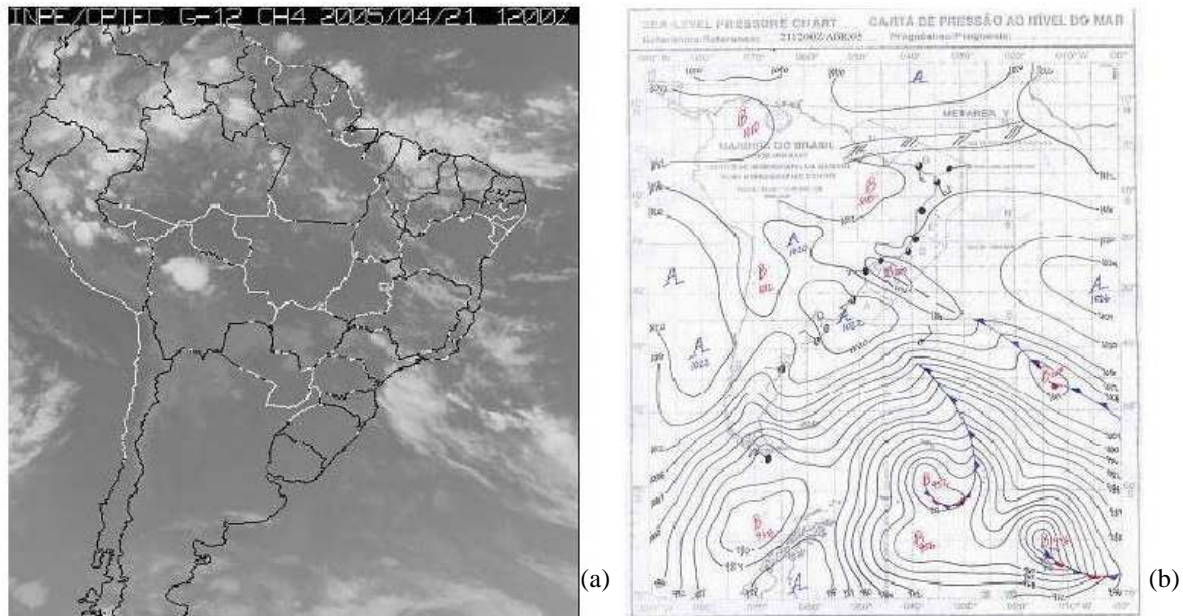


Figura 29: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 21/04/2005.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 21 a baixa pressão continuou atuando, provocando nebulosidade no litoral norte catarinense, enquanto na maior parte do Estado a ausência de nuvens persistiu durante o dia. No registro das 15 horas a estação meteorológica já indicava virada na direção do vento e total de chuva no dia de 26.16 milímetros.

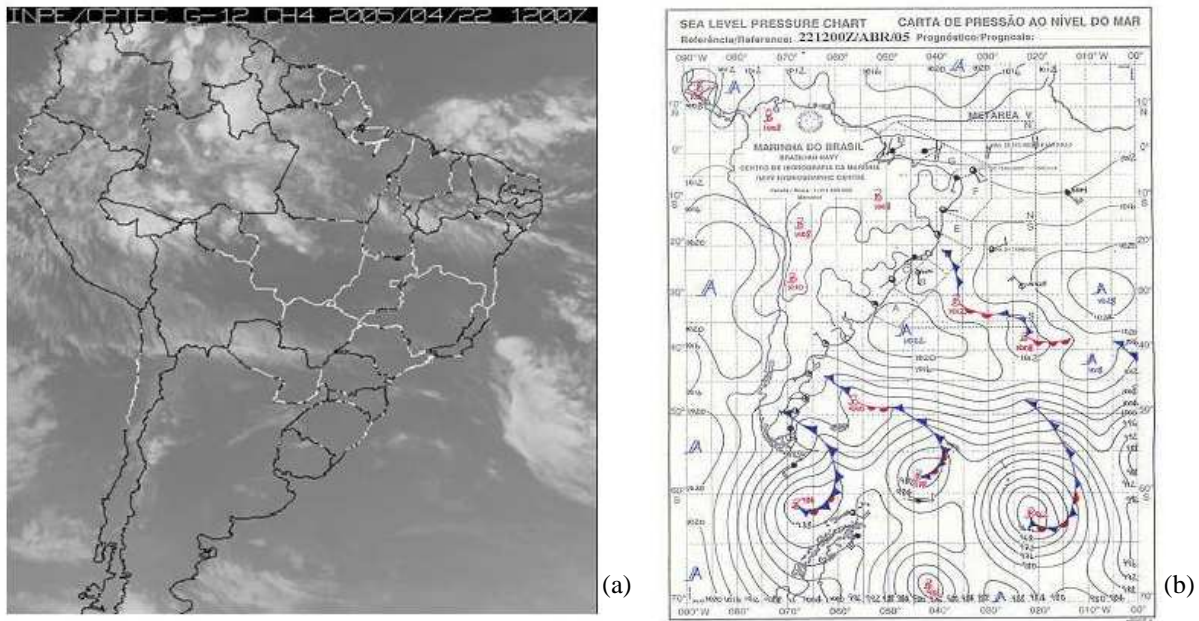


Figura 30: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 22/04/2005.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

A ausência de nebulosidade predominou durante o dia 22/04/2005 em Santa Catarina (fig. 30 (a)). O sistema de baixa pressão se dissipou da costa catarinense. Havia uma alta pressão próxima do Uruguai e uma frente quente no oceano junto como uma baixa pressão (fig. 30 (b)). No final da tarde a alta umidade relativa e o forte calor associado com os sistemas atuantes gerou uma grande tempestade provocando a formação da tromba d' água e registro de 43,18 milímetros de chuva. Nesta mesma data foi registrado um tornado no município de Itapoá, próximo de São Francisco do Sul.

A figura 31 (a) e (b) mostra a TSM e a anomalia da mesma respectivamente, ambas do dia 22/04/2005.

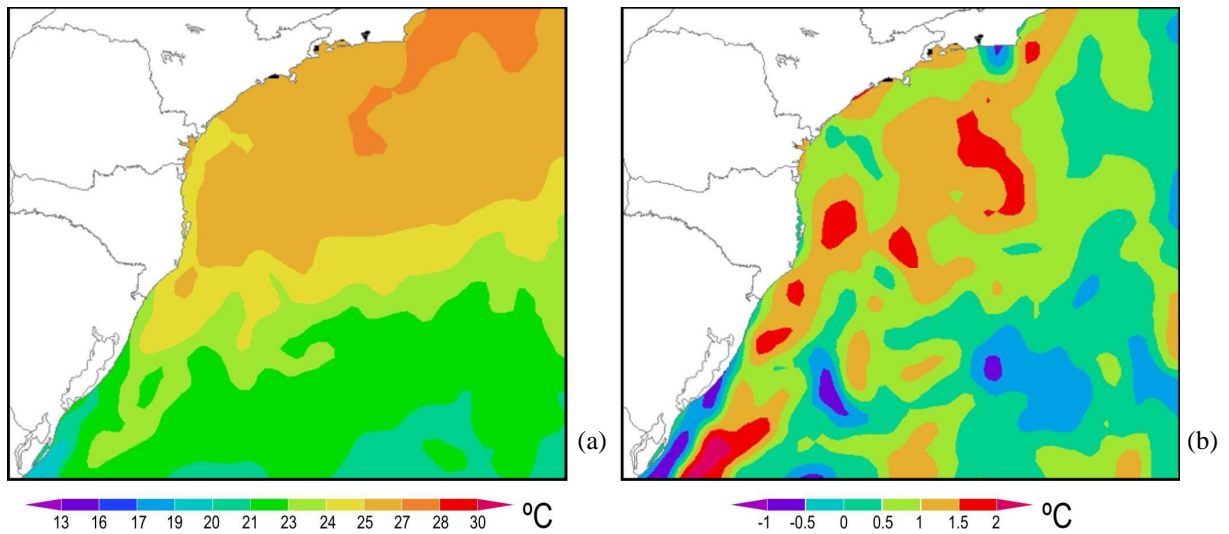


Figura 31: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 22/04/2005.
Elaborado por Felipe Mendes Silva.

A TSM ficou entre 24°C e 25°C (figura 31 (a)), acima da climatologia entre 0,5°C a 1°C (figura 31 (b)). A TSM elevada em conjunto com a frente quente aumentou ainda mais o volume de umidade no ar, contribuindo com a formação da tromba d' água.

6.2.5 Episódio de 23/07/2005

A ocorrência do evento da tromba d' água no inverno é incomum, mas no dia 23/07/2005 a passagem de uma frente fria provocou contraste térmico e gerou o fenômeno. A tabela 07 mostra os registros das variáveis meteorológicas da estação automática de São Francisco do Sul.

Tabela 07: Valores das condições atmosféricas registradas durante a semana do dia 19/07 a 25/07 de 2005 da estação meteorológica automática de São Francisco do Sul.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
16/07/2005	13.61	25.78	57.62	0.00	1012.00	NE	4.32
17/07/2005	11.93	21.65	61.58	0.00	1014.00	S	9.07
18/07/2005	08.47	18.89	45.12	0.00	1012.00	SSW	10.98
19/07/2005	06.34	15.70	52.37	00.00	1024.00	SE	23.65
20/07/2005	07.74	17.89	58.63	00.00	1025.00	ENE	17.28
21/07/2005	10.60	19.24	81.20	00.75	1022.20	ESE	09.86
22/07/2005	15.74	20.45	86.80	37.84	1018.00	NNE	28.94
23/07/2005	17.13	18.34	93.50	55.35	1020.00	SSE	27.86
24/07/2005	15.74	16.81	91.80	11.67	1020.00	SE	21.17
25/07/2005	09.75	19.36	51.71	00.25	1020.00	NNE	25.74

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

No dia 22/07/2005 ocorreu a formação de um sistema frontal em Porto Alegre. Percebe-se pelos dados meteorológicos a condição pré-frontal em São Francisco do Sul, com a massa de ar próxima da saturação, a diminuição da pressão, a direção dos ventos que era de NNE e sua maior intensidade em relação aos dias antecedentes. A frente chegou em Santa Catarina provavelmente no final da tarde e causou a grande quantidade de chuva registrada no litoral norte no dia seguinte que foi de 55,35 milímetros. O registro da precipitação é sempre realizado entre às 9h00m do dia em que cai e às 9h00m do dia seguinte. A figura 32 indica a dinâmica dos sistemas frontais que passaram pelo litoral brasileiro em julho de 2005.

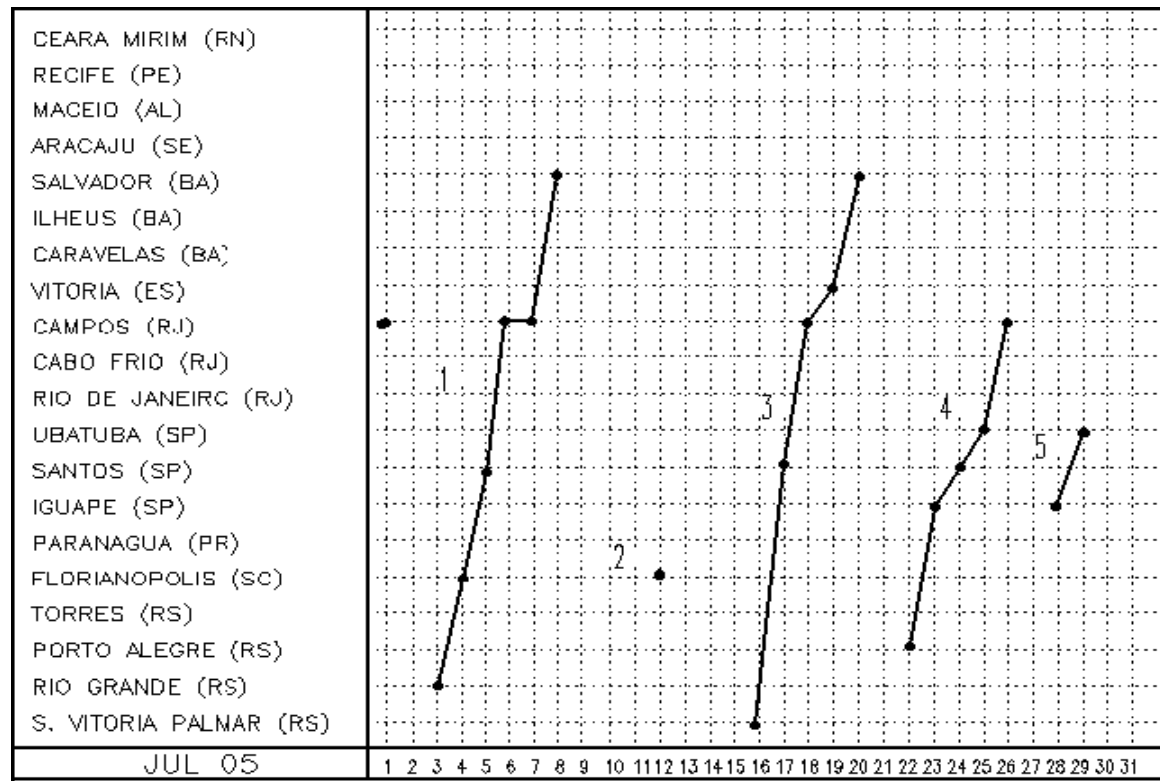


Figura 32: Número de frentes frias que passou no Brasil durante o mês de julho de 2005.

Fonte: Climanálise, jul. 2005. (CPETEC/INPE).

As figuras 33, 34 e 35 a seguir mostram as imagens de satélite e cartas sinóticas do dia 21/07/2005 ao dia 23/07/2005 com o intuito de abordar os sistemas meteorológicos que estavam atuando e que ocasionaram a tromba d' água. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo E.

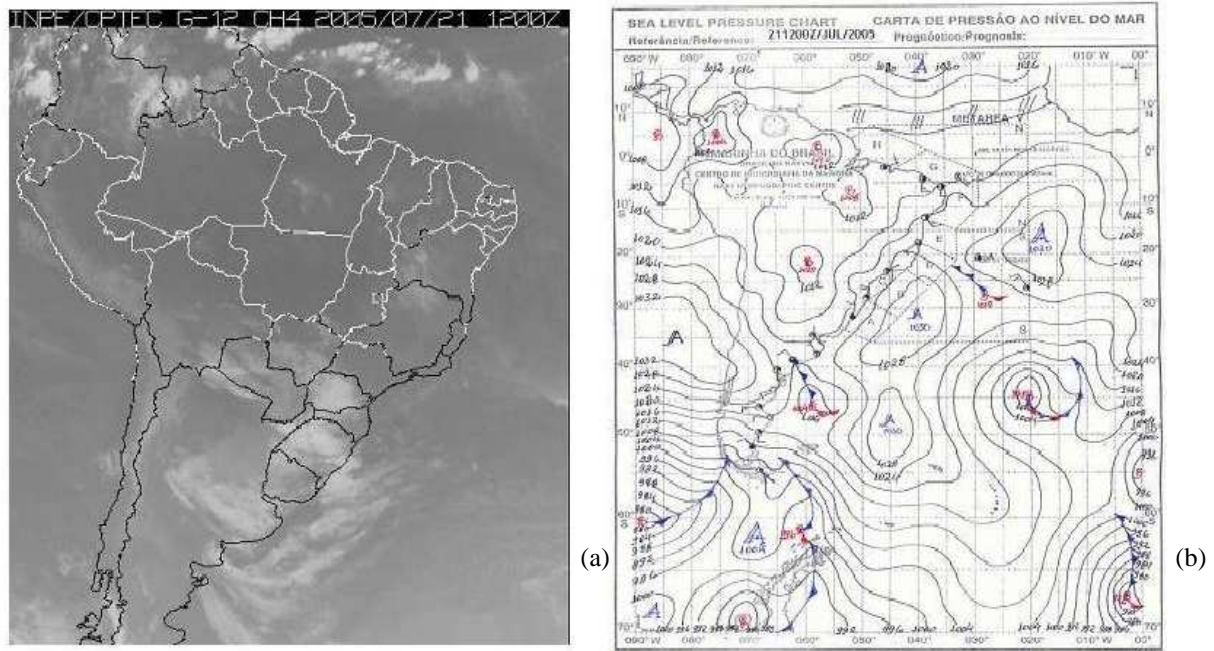


Figura 33: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 21/07/2005.
Fonte: CPTEC/INPE.

No dia 21/07/2005 havia muita nebulosidade em Santa Catarina, como mostra a figura 33 (a), núcleos de instabilidade provocaram cobertura de nuvens em todo Estado. Também houve um pouco de chuva em São Francisco do Sul 0,75 milímetros.

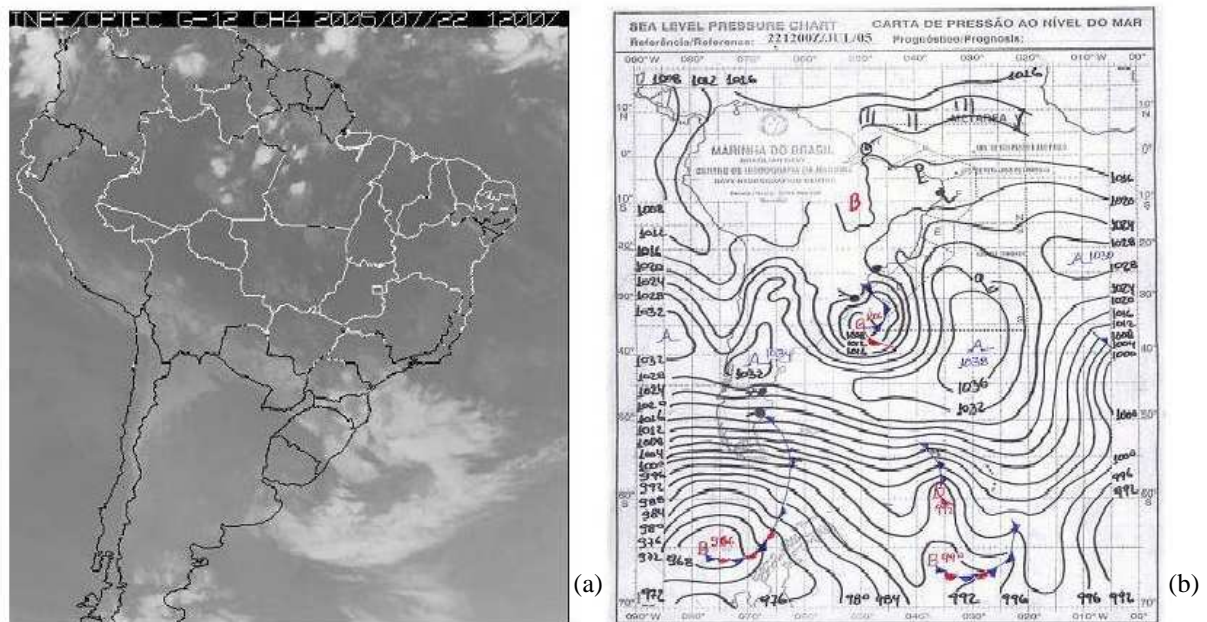


Figura 34: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 22/07/2005.
Fonte: CPTEC/INPE.

Já no dia 22/07/2005 a frente fria se deslocou pelo Estado ocasionando bastante chuva, em São Francisco do Sul onde se registrou 37.84 milímetros às 9h00m da manhã. Um sistema

de baixa pressão com centro no litoral do Uruguai, também colaborou com as tempestades em Santa Catarina. A figura 34 (b) mostra o sistema de baixa pressão na costa gaúcha entre dois centros de alta pressão fortes, um na Argentina com 1034 hPa e outro no Atlântico com 1038 hPa, ambos numa posição média de 40°S. Percebe-se pela carta sinótica o forte gradiente de pressão nessa região.

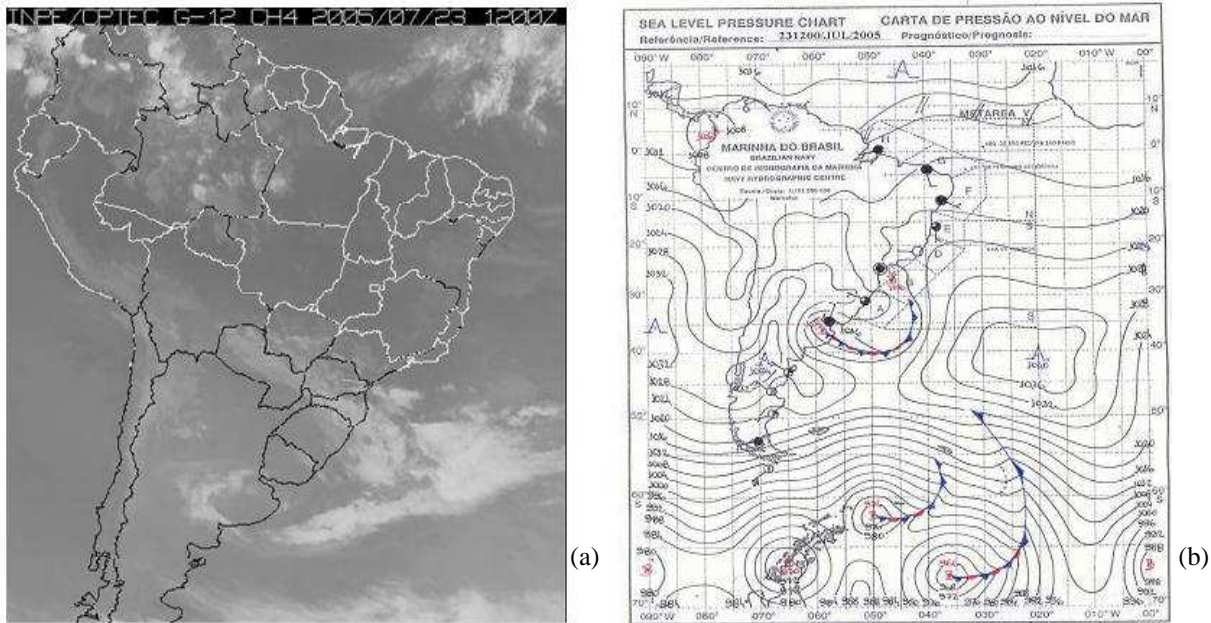


Figura 35: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 23/07/2005.

Fonte: CPTEC/INPE.

No dia do evento, a frente fria ainda estava atuando no Oceano ligada a um centro de baixa pressão sobre o litoral de Santa Catarina. As chuvas mais fortes ocorreram na Grande Florianópolis e no Norte de Estado. No litoral norte a baixa pressão provocou uma forte convecção e gerou a tromba d' água às 05h30min (AM). Não é comum esse tipo de fenômeno acontecer em pleno inverno, pois as temperaturas estão mais amenas e tem menos evaporação o que dificulta a formação da tromba d' água.

A TSM no litoral norte estava entre 20°C e 21°C no dia da ocorrência e apresentou uma anomalia entre 1,0°C a 1,5°C acima da climatologia de julho de 2005 (figura 36 (a) e (b)).

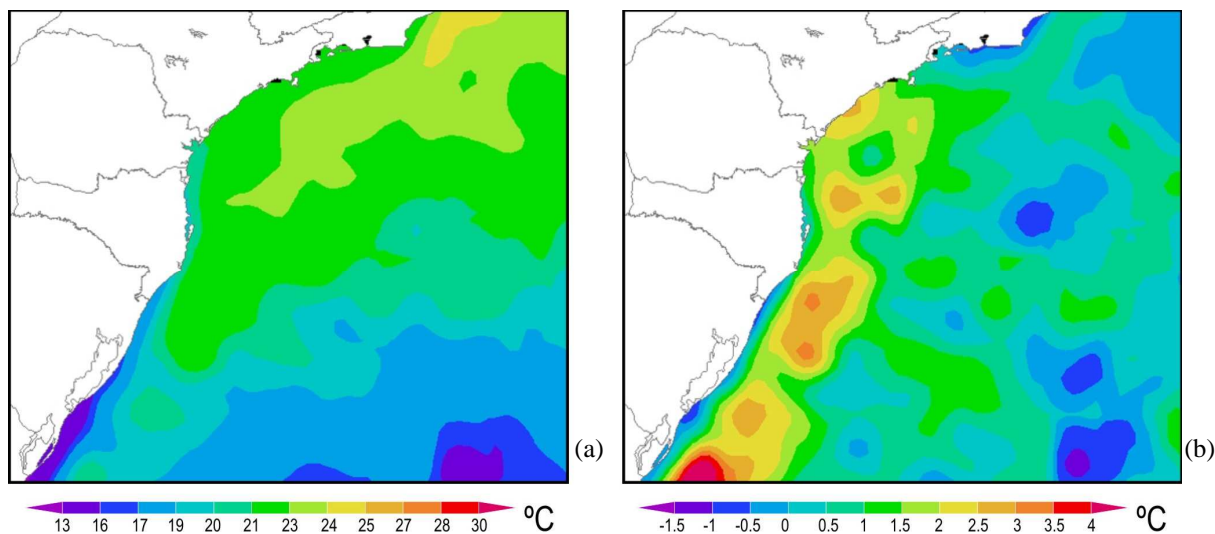


Figura 36: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 22/04/2005.
Elaborado por Felipe Mendes Silva.

Neste evento a anomalia da TSM estava mais elevada, em relação aos outros eventos em São Francisco do Sul, levando em consideração que no inverno não é muito comum ocorrer este tipo de fenômeno atmosférico. Possivelmente isto pode ter sido um fator determinante para gerar um contraste térmico e dar início a tromba d' água.

6.3 ITAPOÁ

Neste município foram registradas duas trombas d' água, uma em 02/02/1997 e outra em 01/03/2000. Ambas ocorreram durante o verão.

6.3.1 Episódio de 02/02/1997

Em Itapoá, nos os dias que antecederam a tromba d' água não ocorreu passagem de frentes frias; a última, havia passado por Santa Catarina no dia rapidamente no dia 21 de janeiro e permaneceu semi-estacionária na Região sudeste até o dia 29 (CLIMANALISE, jan. 1997). O primeiro sistema frontal do mês de fevereiro se formou em Rio Grande no dia 03 de fevereiro e deslocou-se somente até Porto Alegre. Até o dia 25/01 dominaram condições pós-frontais, com ventos de S e SW. A partir deste dia dominaram temperaturas elevadas e ventos de E-NE, evidenciando a atuação da Massa tropical Atlântica. As condições de forte calor que favoreceram a evaporação concorreram para ocorrência de uma forte tempestade ocasionando

a tromba da água. A tabela 08 indica as condições atmosféricas do dia 20/01 até o dia 04/02 de 1997.

Tabela 08: Registros das condições atmosféricas do dia 20/01/1997 a 04/02/1997 da estação de Joinville.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
20/01/1997	20.00	25.50	95	24.00	X	SW	4.32
21/01/1997	19.00	21.80	90	85.00	X	SW	4.32
22/01/1997	20.00	23.00	90	29.50	X	S	4.32
23/01/1997	19.00	26.60	84	3.40	X	S	8.28
24/01/1997	23.80	31.00	68	2.00	X	SW	4.32
25/01/1997	22.00	26.60	90	4.50	X	SE	8.28
26/01/1997	23.00	25.60	95	46.50	X	NE	4.32
27/01/1997	21.20	28.00	85	27.60	X	NE	4.32
28/01/1997	17.80	29.00	78	0.00	X	E	8.28
29/01/1997	18.00	32.00	47	4.00	X	E	8.28
30/01/1997	21.00	34.50	65	0.00	X	E	4.32
31/01/1997	18.80	30.00	80	9.00	X	N	4.32
01/02/1997	19.80	32.40	75	9.00	X	NE	4.32
02/02/1997	23.00	28.50	96	0.00	X	E	4.32
03/02/1997	23.00	26.00	95	10.00	X	W	8.28
04/02/1997	18.00	31.00	74	14.00	X	W	3.60

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

A figura 37 mostra a quantidade de frentes frias que passaram pelo litoral do Brasil no mês de fevereiro de 1997.

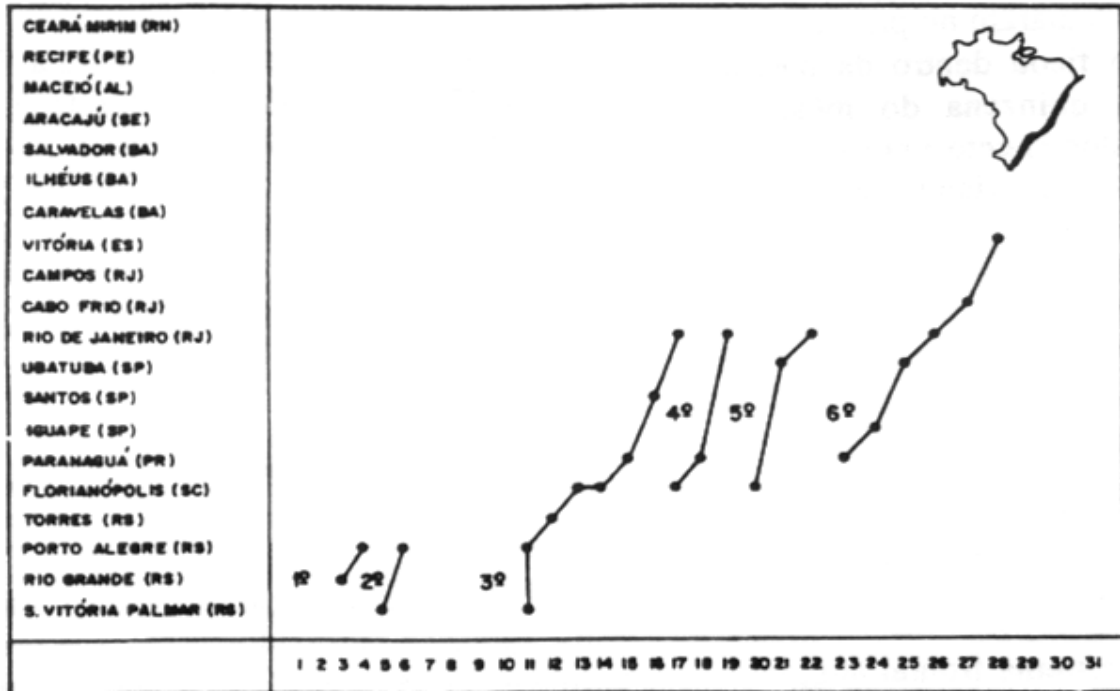


Figura 37: Passagem de frentes frias no mês de fevereiro de 1997 pelo litoral brasileiro.

Fonte: Climanalise, fev. 1997. (CPTEC/INPE).

No dia 03/02/1997 até o dia 06/02/1997 formaram-se dois sistemas frontais no sul do Brasil, mas nenhum deles atingiu o litoral norte catarinense o que acentuou ainda mais a elevação da temperatura, persistindo a massa de ar quente na região.

Do dia 31/01/1997 ao dia 02/02/1997 havia uma frente fria próxima a Santa Catarina deslocando-se para o oceano, que ondulou como frente quente sobre a região Sul (fig. 35 (b)), ocluindo abaixo dos 35°S (fig). Havia ainda um sistema de baixa pressão associado com uma frente quente sobre a Região Sul com centro de 1008 hPa. Os dados da tabela 08 mostram que não houve mudanças relacionadas com a passagem da frente fria. As figuras abaixo (38, 39 e 40) mostram a imagem de satélite e a carta sinótica de dois dias anteriores e o dia da ocorrência da tromba d' água com os sistemas meteorológicos atuantes. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo F.

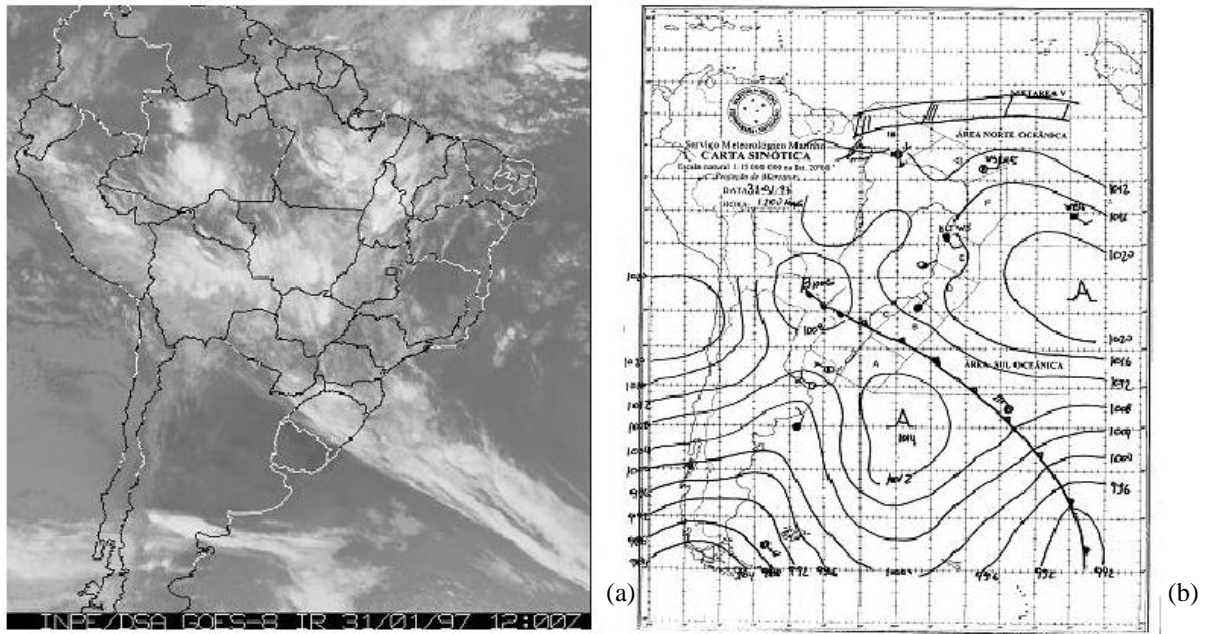


Figura 38: Imagem de satélite do canal infravermelho das 12Z e carta sinótica das 12Z, ambos do dia 31/01/1997.

Fonte: CPTEC/INPE.

Na imagem 38 (b) percebe-se uma frente quente no Rio Grande do Sul ligado a um sistema de baixa pressão com centro no Paraguai e na Argentina, causando bastante nebulosidade em Santa Catarina como mostra a figura 38 (a). Também havia uma frente fria passando pelo oceano, mais afastada do continente. A temperatura máxima registrada na estação de Joinville foi e 30°C.

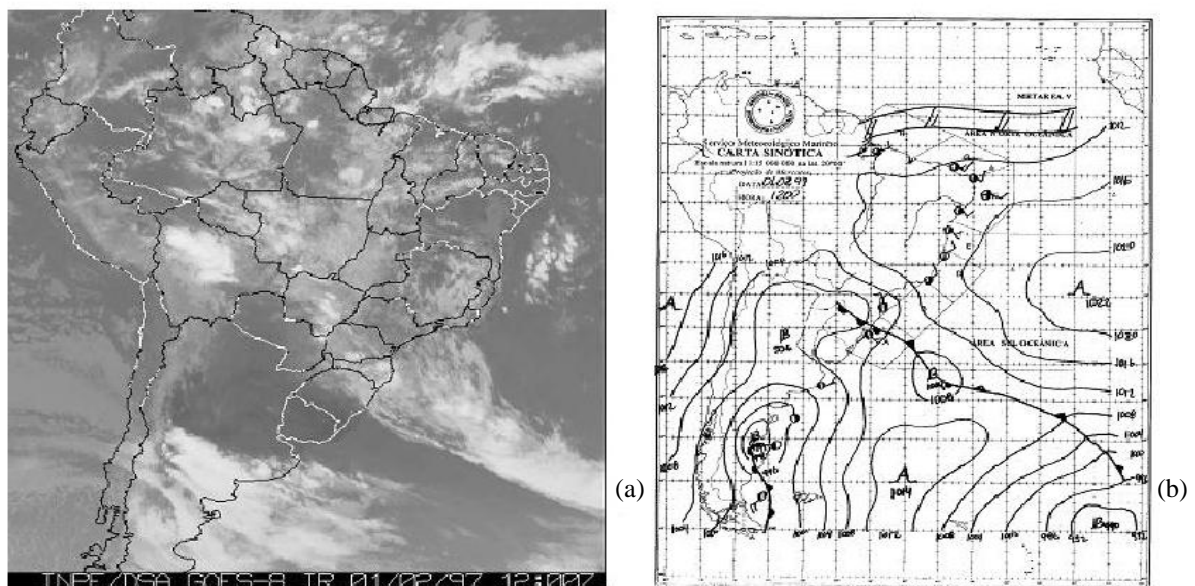


Figura 39: Imagem de satélite do canal infravermelho das 12Z e carta sinótica das 12Z, ambos do dia 01/02/1997.

Fonte: CPTEC/INPE.

No dia 01/02/1997 a nebulosidade persistiu em Santa Catarina (figura 39 (a)), a baixa pressão continua sobre o Paraguai e Argentina e a frente retrocedeu como quente também continua sobre a região. Outra baixa pressão se formou no oceano (figura 39 (b)). Este dia foi caracterizado pelo forte calor, o termômetro da estação meteorológica de Joinville registrou temperatura máxima de 32,40°C.

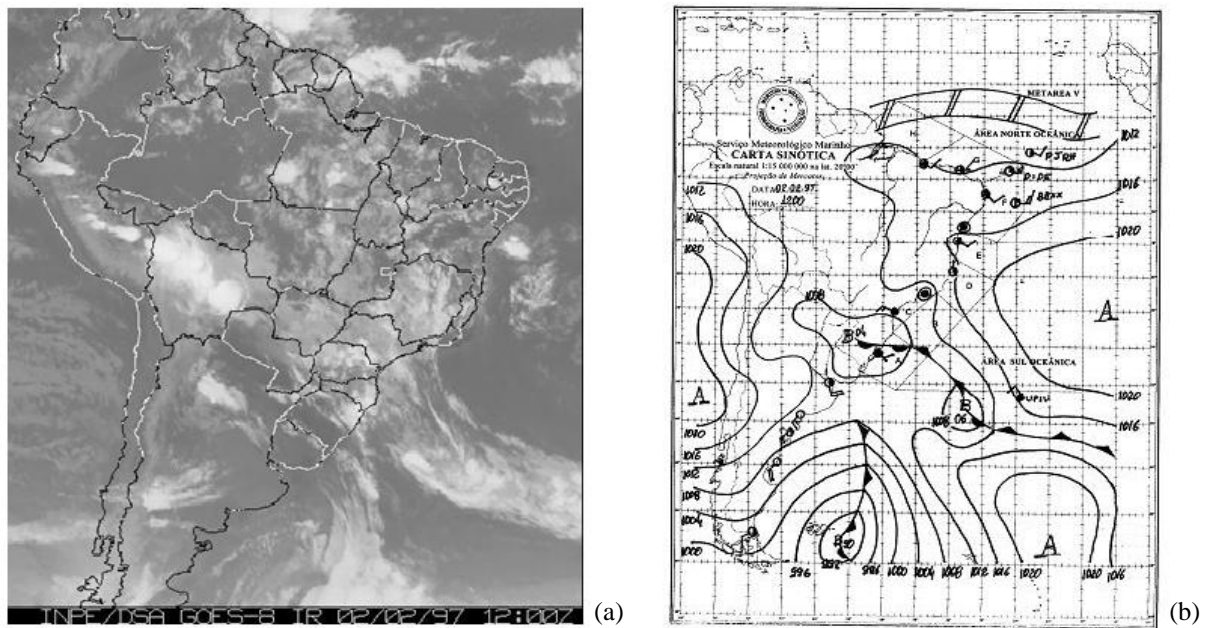


Figura 40: Imagem de satélite do canal infravermelho das 12Z e carta sinótica das 12Z, ambos do dia 02/02/1997.

Fonte: CPTEC/INPE.

No dia 02/02/1997 um sistema de baixa pressão configurou-se sobre o Rio Grande do Sul e Santa Catarina, associado à frente quente aspirando calor e umidade, inclusive da frente fria situada nas proximidades do sul do Brasil, o que contribuiu para o contraste térmico, proporcionando as condições necessárias para a formação da tromba d' água. Às 15 horas a estação meteorológica de Joinville marcou 96% de umidade relativa. Portanto a provável causa da ocorrência do fenômeno foi o sistema de baixa pressão.

A figura 41 mostra o comportamento da TSM no dia do evento da tromba d' água na região de Itapoá.

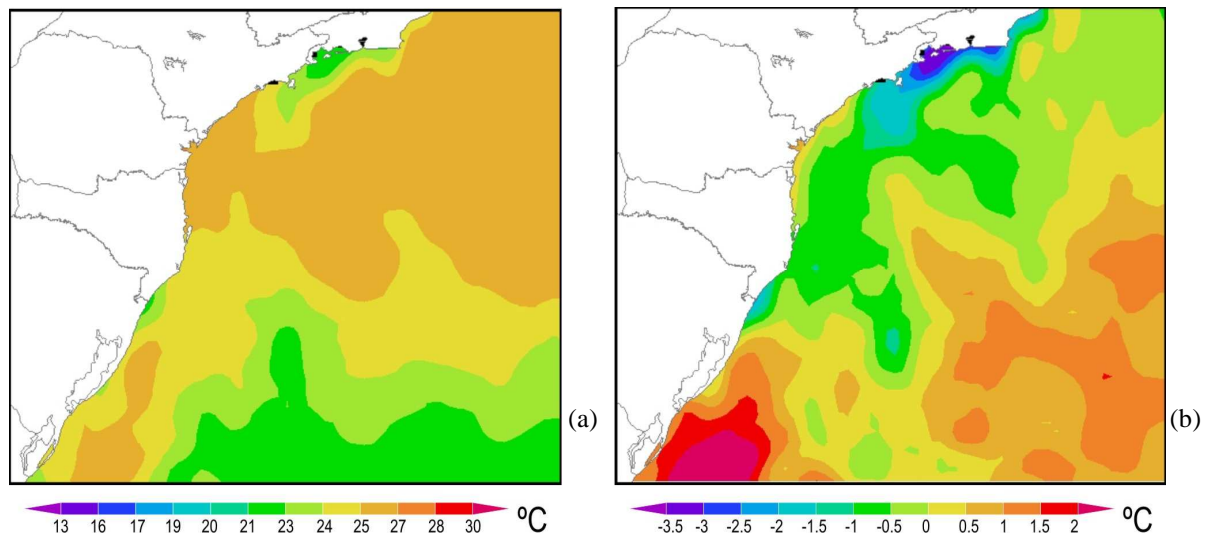


Figura 41: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 02/02/1997.
Elaborado por Felipe Mendes Silva.

A TSM estava entre 25°C e 27°C (figura 41 (a)) e estava próxima da normalidade climática chegando ao máximo em 0,5°C de anomalia positiva (figura 41 (b)) acima da média de fevereiro de 1997.

6.3.2 Episódio de 01/03/2000

Entre 14/02/2000 e 01/03/2000 não foram registradas passagens de sistemas frontais sobre Santa Catarina (CLIMANALISE, jan. 2000). Uma frente fria atuou no dia 29/02/2000 somente no litoral sul favorecendo o aumento da temperatura e umidade na região norte de Santa Catarina. A tabela 09 mostra os registros das variáveis meteorológicas do dia 14/02 até o dia 03/03 de 2000.

Tabela 09: Valores das variáveis meteorológicas dos dias 14/02 a 03/03 de 2000 da estação meteorológica convencional de Joinville.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
14/02/2000	22.50	29.00	85	14.50	X	N	10.80
15/02/2000	20.00	25.00	100	67.50	X	S	3.60
16/02/2000	19.00	25.00	70	38.00	X	SE	14.40
17/02/2000	17.00	26.00	49	1.50	X	SE	14.40
18/02/2000	14.00	25.50	72	4.50	X	N	7.20
19/02/2000	17.00	27.00	60	3.80	X	S	10.80
20/02/2000	19.00	28.00	58	2.20	X	NE	3.60
21/02/2000	15.00	30.00	65	0.00	X	NE	7.20
22/02/2000	22.00	25.00	100	1.50	X	C	0.00
23/02/2000	21.00	32.00	65	2.50	X	SE	7.20
24/02/2000	20.00	33.00	56	30.00	X	SE	3.60
25/02/2000	17.00	30.50	57	0.00	X	SE	7.20
26/02/2000	22.00	30.00	75	0.00	X	N	3.60
27/02/2000	22.00	31.00	72	0.00	X	NE	3.60
28/02/2000	24.00	32.00	70	0.00	X	SE	3.60
29/02/2000	24.00	29.00	90	1.50	X	E	3.60
01/03/2000	22.00	28.00	X	3.00	X	X	X
02/03/2000	X	X	X	x	X	X	X
03/03/2000	24.00	30.00	X	2.00	X	X	X

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

A figura 42 ilustra as passagens das frentes frias pelo litoral do Brasil no mês de março de 2000, neste caso percebe-se um período grande sem passagens de frentes frias, pois desde o dia 14/02/2000 não houve atuação deste sistema em Santa Catarina, somente no dia 02/03/2000 um sistema frontal chegou à Florianópolis.

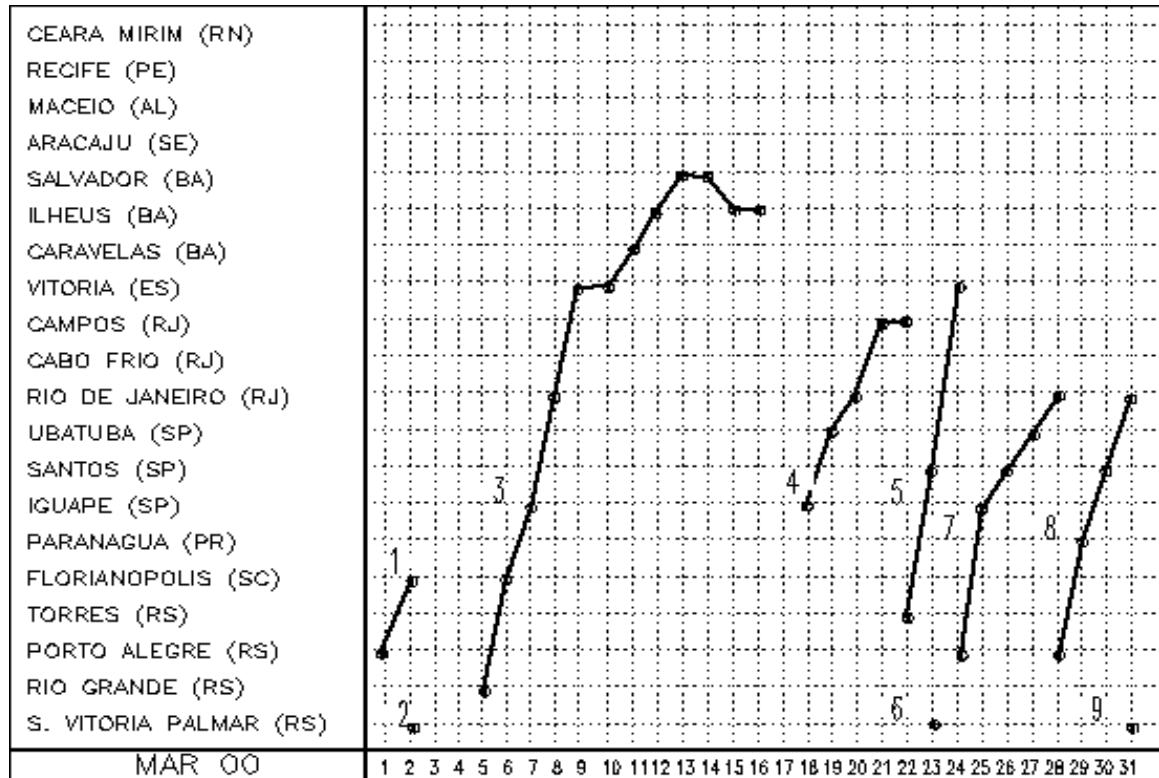
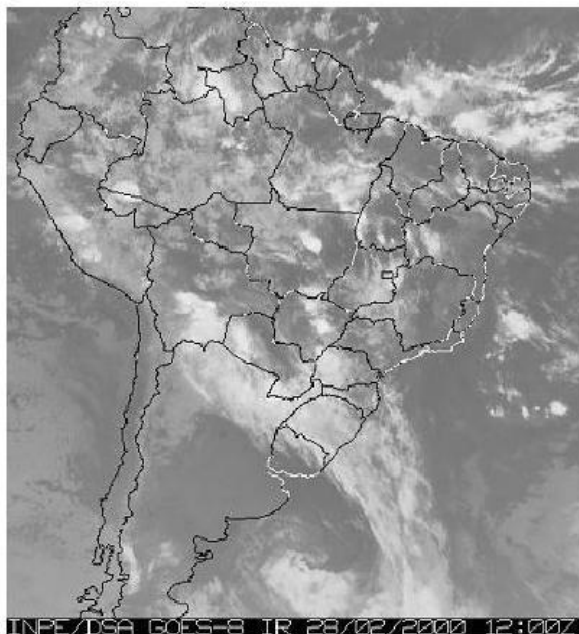
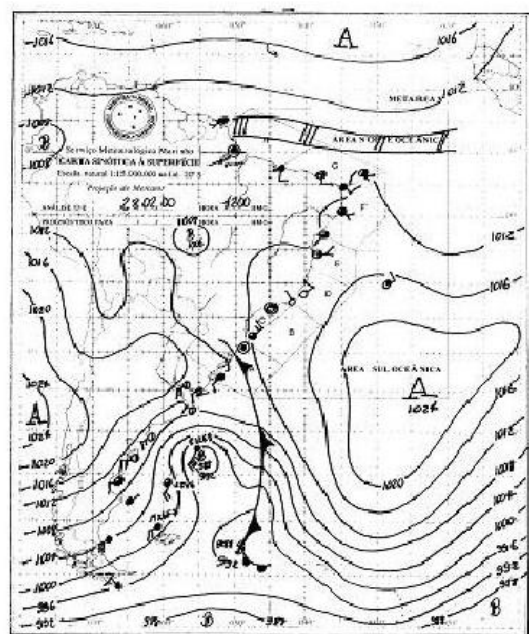


Figura 42 Número de frentes frias que passou no litoral do Brasil durante o mês de março de 2000.
Fonte: Climanalise, mar. 2000. (CPTEC/INPE).

As figuras 43, 44 e 45 a seguir por meio das imagens de satélite e cartas sinóticas mostrando a movimentação da frente fria que atuou no Rio Grande do Sul e em parte de Santa Catarina. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo G.



(a)



(b)

Figura 43: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 28/02/2000.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

A figura 43 (a) mostra um sistema de baixa pressão ligado à frente fria no Rio Grande do Sul, porém já no litoral norte de Santa Catarina houve a mudança de direção do vento de NE para SE. Percebe-se nebulosidade em todo o Estado e também elevada temperatura em São Francisco do Sul, sendo a máxima registrada de 32°C.

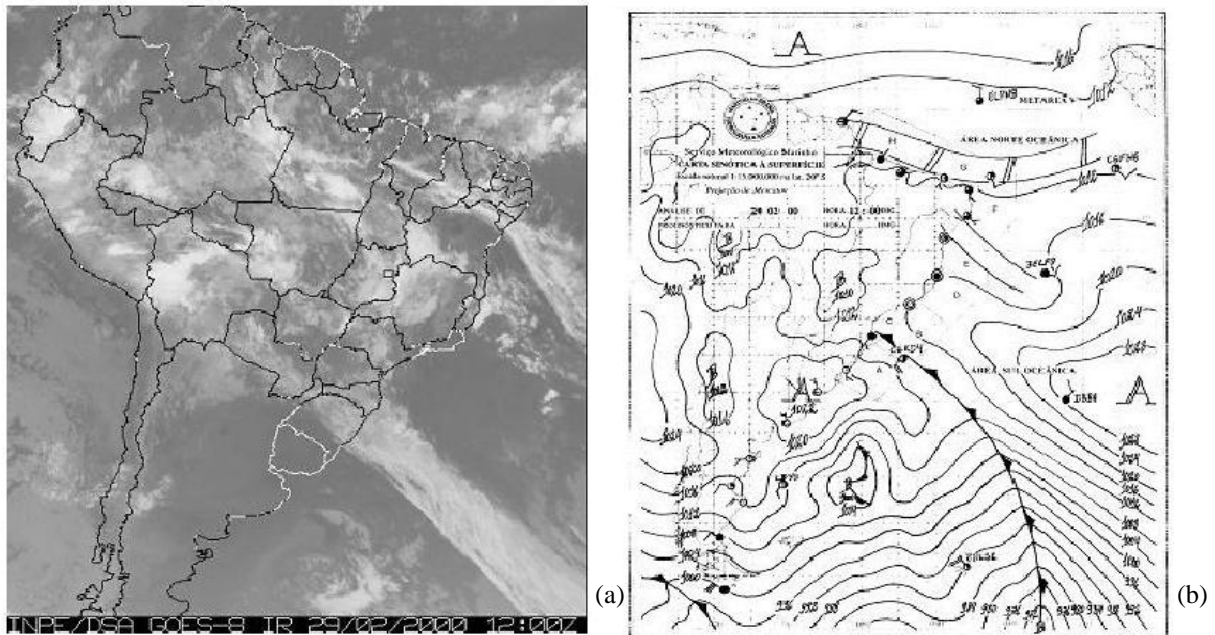


Figura 44: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 29/02/2000.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 29/02/2000 a frente fria está sobre Santa Catarina, principalmente na região do Litoral Sul, já no Litoral Norte havia alguns pontos com nebulosidade. A direção de vento registrado às 15 horas foi de leste, umidade relativa mais alta 90% e um pouco de precipitação 1,50 milímetros.

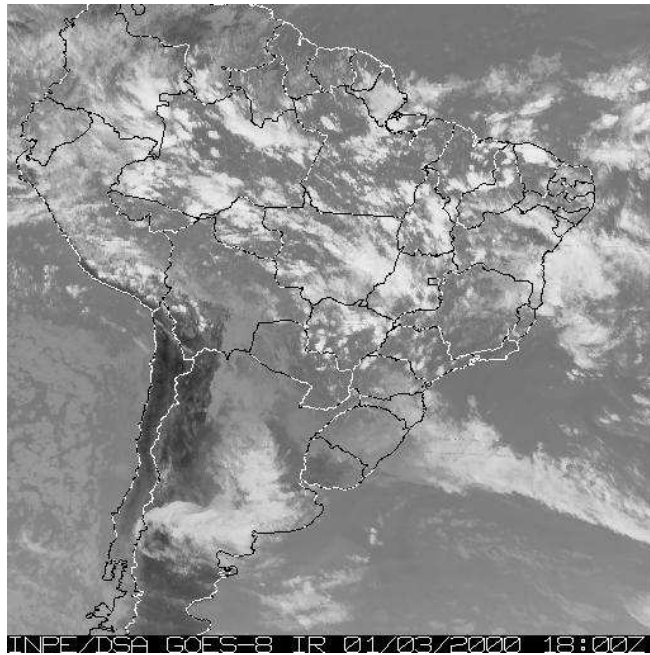


Figura 45: Imagem de satélite das 18:00Z do canal infravermelho.
Fonte: CPTEC/INPE.

Já no dia 01/03/2000, a frente fria perdeu força, porém no fim da tarde devido à convecção no litoral norte gerou-se a tromba d' água no município de Itapoá. A provável causa foi a condição pré-frontal no litoral norte que forneceu as condições necessárias de umidade e calor para a formação do evento.

A TSM na região do litoral norte no dia do evento estava entre 25°C e 27°C e anomalia positiva entre 0,5°C e 1°C, como mostra a figura 46 (a) e (b).

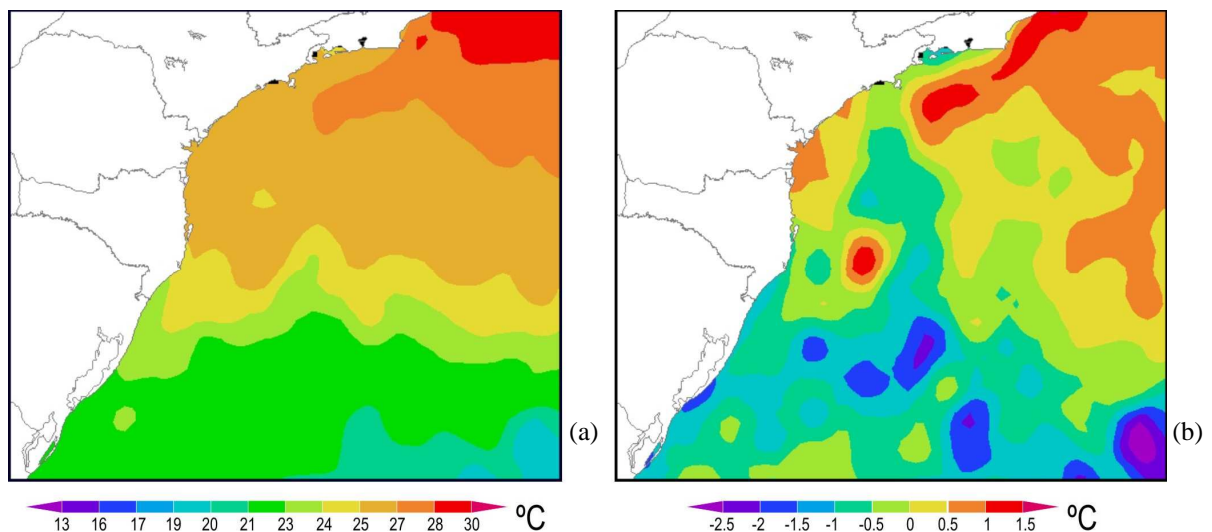


Figura 46: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 01/03/2000.
Elaborado por Felipe Mendes Silva.

Os valores da TSM na costa de Florianópolis até a costa norte do Estado estavam mais elevados do que na região sul (figura 46 (a)). A anomalia mais elevada ocorreu apenas no litoral norte, no restante de Santa Catarina a TSM ficou mais próxima da normal climatológica (figura 46 (b)). Isto pode ter favorecido a ocorrência da tromba d' água nesta região devido ao potencial maior de calor e umidade favorecido pela elevada anomalia.

6.4 FLORIANÓPOLIS

Na Ilha de Santa Catarina ocorreram quatro casos nas seguintes localidades: Baía Sul (próximo a região central) no dia 23/02/2000; no Leste da Ilha, em 08/02/2005; na praia do Campeche (sul da Ilha) no dia 31/03/2005 e a mais recente em Ponta das Canas (norte da Ilha) no dia 02/03/2008.

6.4.1 Episódio de 23/02/2000

A última passagem de frente sobre Santa Catarina antes desse evento correu no dia 15 (fig. 47). Chuva e vento sul dominaram o tempo entre os dias 14/02/2000 e 17/02/2000 em Florianópolis. A partir do dia 17/02/2000 o tempo estável vigorou, sendo que as temperaturas mínimas e a umidade relativa em queda, a pressão atmosférica em elevação e a persistência do vento sul evidenciavam a atuação da massa Polar até o dia 19. Do dia 20 em diante, o vento NE, acompanhado pelo aumento das temperaturas e diminuição da pressão marcam a transição para condições tropicais. Só voltou a chover no dia do acontecimento da tromba d' água e no dia posterior 2.8mm e 1.20mm respectivamente. A tabela 10 a seguir mostra os registros das variáveis meteorológicas dos dias 14/02/2000 até o dia 25/02/2000.

Tabela 10: Registros das condições do tempo em Florianópolis nos dias que antecederam, procederam e no que ocorreu a tromba d' água, dados da estação meteorológica convencional de Florianópolis e São José.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
14/02/2000	23.20	30.00	65	21.50	1012.30	S	11.88
15/02/2000	22.00	29.80	90	11.90	1013.00	S	20.88
16/02/2000	20.80	26.60	50	62.70	1017.60	S	28.80
17/02/2000	19.20	26.40	55	1.80	1019.00	S	19.08
18/02/2000	18.20	26.60	50	0.00	1020.00	S	16.56
19/02/2000	17.00	27.00	75	0.00	1020.30	SE	11.88
20/02/2000	16.80	28.00	56	0.00	1018.60	NE	12.96
21/02/2000	20.40	28.20	50	0.00	1014.30	NE	14.40
22/02/2000	21.20	28.00	95	0.00	1014.70	NE	14.40
23/02/2000	20.80	31.40	60	2.80	1010.60	NE	20.88
24/02/2000	19.20	27.80	85	1.20	1011.60	SE	21.60
25/02/2000	18.00	28.40	55	0.00	1012.30	SE	21.60

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

As indicações dos dados mostram que a provável causa deste fenômeno foi o forte calor que acabou gerando uma grande convecção. A figura 47 mostra as trajetórias de sistemas frontais no litoral do Brasil. No dia 15/02/2000 registrou-se em Florianópolis a última passagem de frente fria do mês.

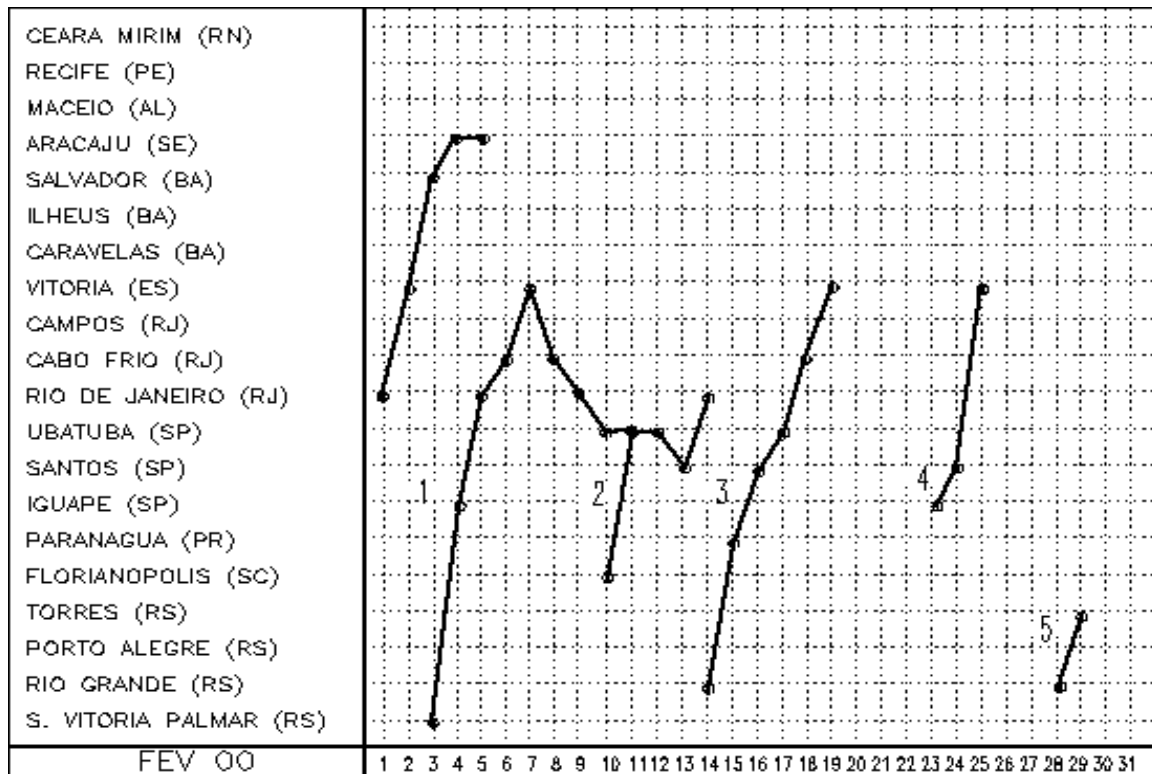


Figura 47: Passagem de frentes frias na costa brasileira no mês de Fevereiro de 2000.

Fonte: Climânálise, fev. 2000. (CPTEC/INPE).

As imagens de satélite e as cartas sinóticas do dia 21,22 e 23 de fevereiro (figura 48, 49 e 50) mostram a configuração da atmosfera dois dias antes do fenômeno meteorológico e o dia em que ocorreu. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo H.

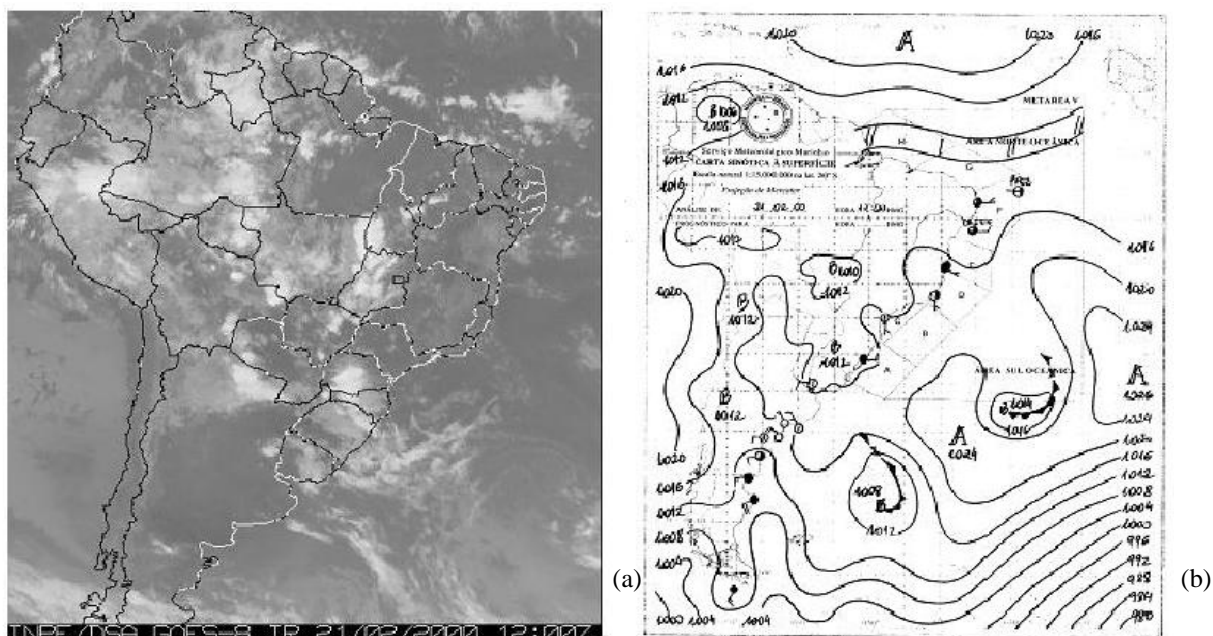


Figura 48 Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 21/02/2000.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

A figura 48 (a) mostra áreas de instabilidade vindo do oeste, situação característica do verão, e no litoral à ausência de nuvens. O tempo mais quente e seco predominou em Florianópolis, o registro das 15 horas na estação meteorológica de Florianópolis teve 50% de umidade relativa e temperatura máxima de 28.20°C e ventos de NE da Massa Tropical. As imagens seguintes já mostram essa instabilidade chegando ao litoral.

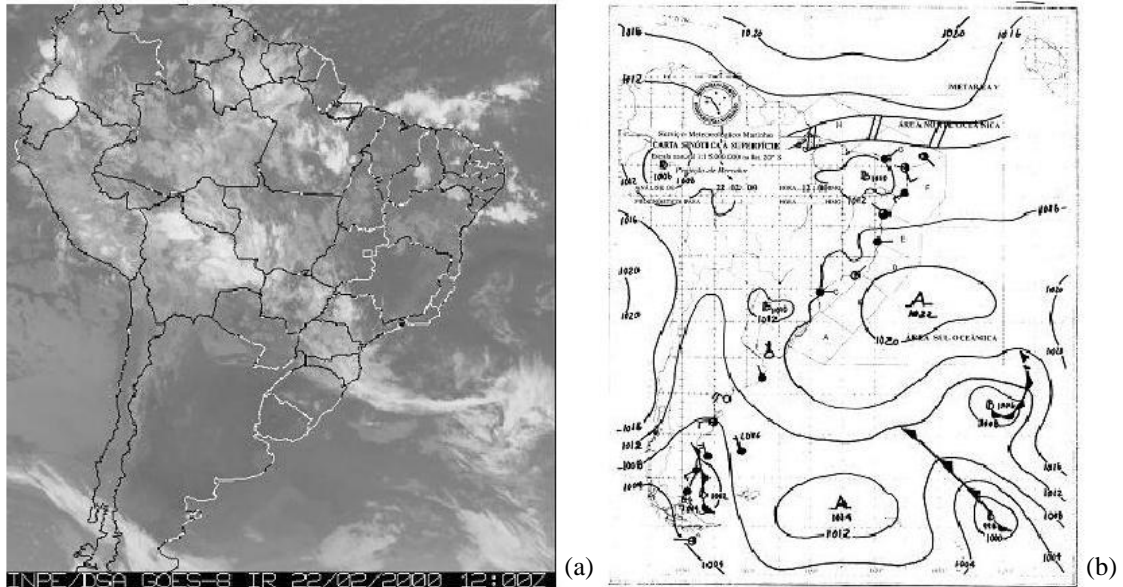


Figura 49: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 22/02/2000.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 22/02/2000 as áreas de instabilidade vindas do oeste já estavam atuando no litoral catarinense, provocando muitas nuvens e umidade relativa mais alta, às 15 horas foi registrado 95% na capital catarinense.

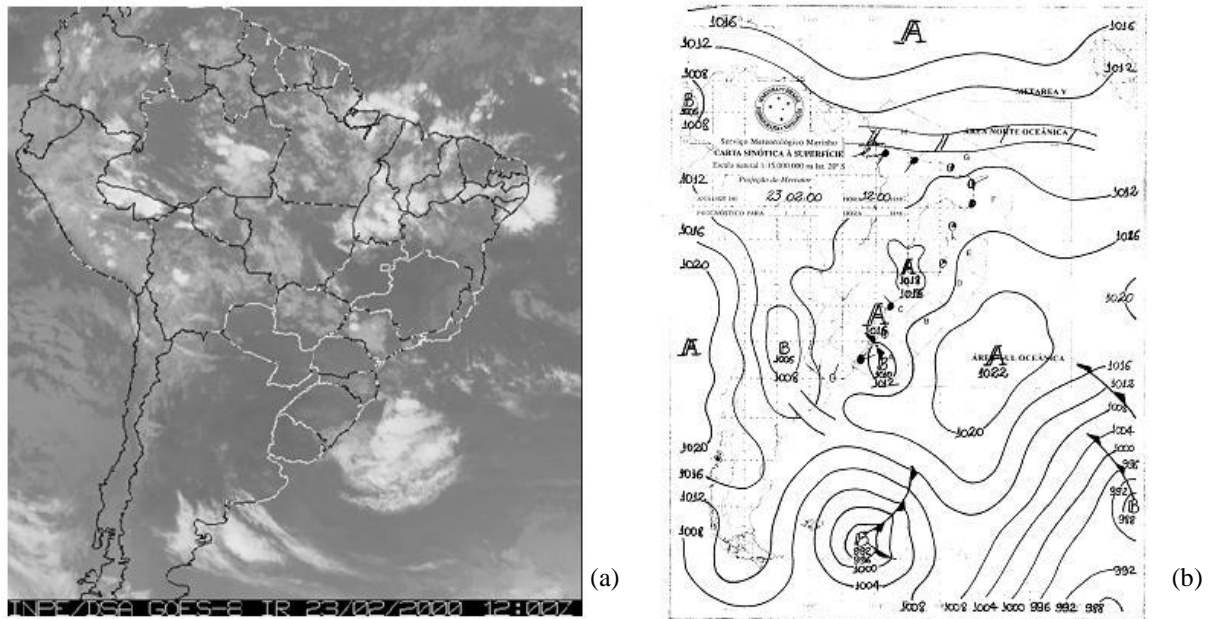


Figura 50: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 23/02/2000.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 23/02/2000, as áreas de instabilidade junto com uma baixa pressão atingem Santa Catarina, como mostra a figura 50 (b). Neste dia as temperaturas continuaram em elevação, inclusive as mínimas; a umidade relativa do ar diminuiu para 60%, assim como a pressão atmosférica. Essas condições provocaram uma grande convecção formando o fenômeno da tromba d' água no fim de tarde na Baía Sul em Florianópolis. O jornal Diário Catarinense do dia 24/02/2000 publicou a reportagem a respeito desses acontecimentos na Ilha de Santa Catarina, que provocou muita curiosidade para a população. A figura 51 mostra a reportagem do Diário Catarinense do dia 24/02/2000.



Figura 51: Reportagem sobre a tromba d' água ocorrida em Florianópolis.

Fonte: Diário Catarinense do dia 24/02/2000.

A TSM estava em torno de 24°C e 25°C na costa da grande Florianópolis e anomalia negativa entre 0,5°C e 0°C, de acordo com a figura 52 (a) e (b).

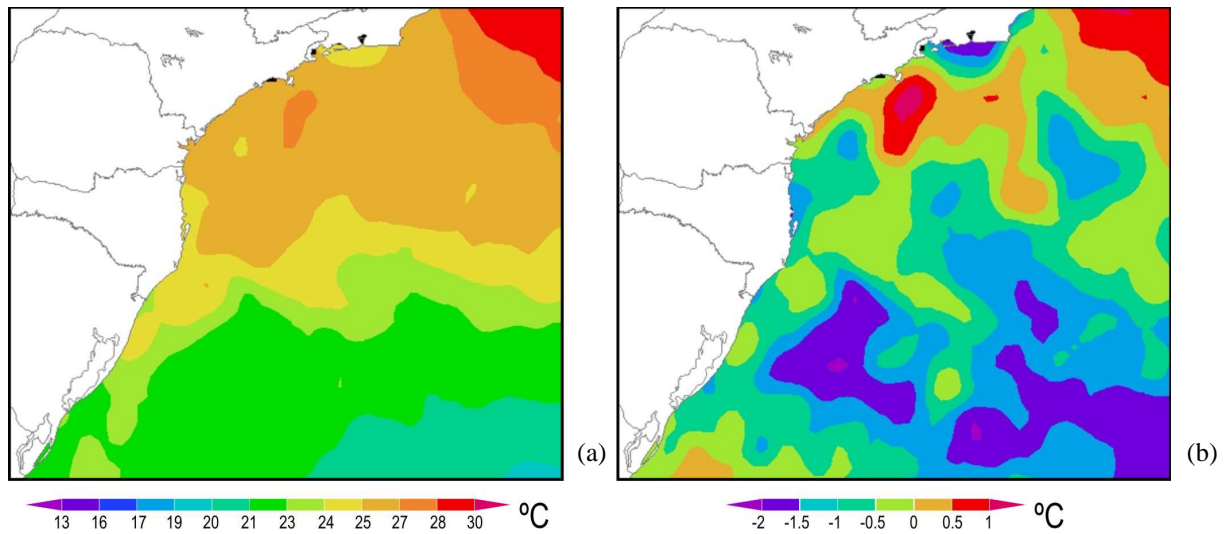


Figura 52: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 23/02/2000.
Elaborado por Felipe Mendes Silva.

Apesar da TSM no dia da ocorrência da tromba d' água ter apresentado anomalia negativa (figura 52 (b)), ficou muito próximo da climatologia.

6.4.2 Episódio de 08/02/2005

A tabela 11 mostra os valores das variáveis meteorológicas que caracterizaram as condições do tempo, durante os dias 02/02/2005 a 10/02/2005 e que foram de temperaturas elevadas, umidade baixa durante o dia e pouca chuva. A alta pressão predominou nestes dias, somente a partir do dia 08/02/2005 que começou a baixar a pressão atmosférica e a direção do vento predominou de Norte.

Tabela 11: Registros das condições atmosféricas do dia 02/02/2005 a 10/02/2005 da estação meteorológica convencional de Florianópolis e São José.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
02/02/2005	21.80	28.80	69.00	0.00	1013.00	S	41.76
03/02/2005	21.00	26.80	69.00	0.00	1018.10	SE	28.08
04/02/2005	19.90	26.00	71	0.00	1020.10	S	9.36
05/02/2005	20.60	25.40	70	0.90	1020.70	E	01.80
06/02/2005	17.40	27.20	54	0.00	1020.50	NE	15.48
07/02/2005	17.20	27.20	53	0.00	1019.40	N	19.80
08/02/2005	18.80	28.00	59	0.50	1018.70	N	14.76
09/02/2005	22.80	28.40	52	0.20	1015.30	N	23.76
10/2/2005	21.80	30.70	56	0.00	1007.70	N	22.68

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

A última passagem de sistema frontal em Florianópolis antes do evento atmosférico foi no dia 02/02/2005. A partir do dia 03 observa-se as temperaturas em queda, baixa umidade relativa do ar e pressão em elevação caracterizando o domínio polar. Neste dia soprava uma brisa fresca de sul que manteve a direção, mas diminuiu de intensidade no dia posterior. As temperaturas começaram a se elevar a partir daí e a pressão a diminuir. Os ventos passaram a soprar principalmente de norte com intensidade de contínua a moderada, menos intensos que os de sul, porém o suficiente para manter baixa a umidade do ar e amplitudes térmicas entre 6° e 10°C. A figura 53 mostra as trajetórias das frentes frias que passaram no Brasil durante o mês de fevereiro de 2005.

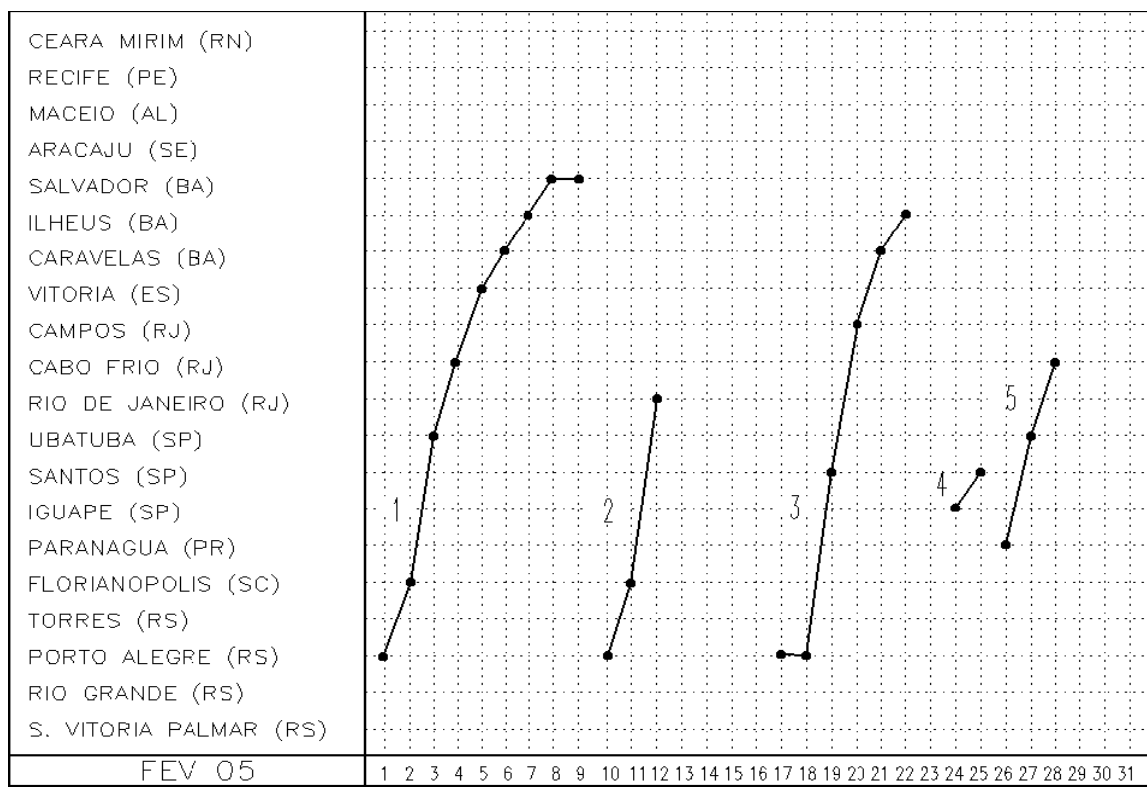


Figura 53: Número de frentes frias que passou no litoral do Brasil em fevereiro de 2005.

Fonte: Climanalise, fev. 2005. (CPTEC/INPE).

As figuras a seguir (54, 55 e 56) mostram as imagens de satélite e as cartas sinóticas de dois dias que antecederam a tromba d' água e o dia do acontecimento. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo I.

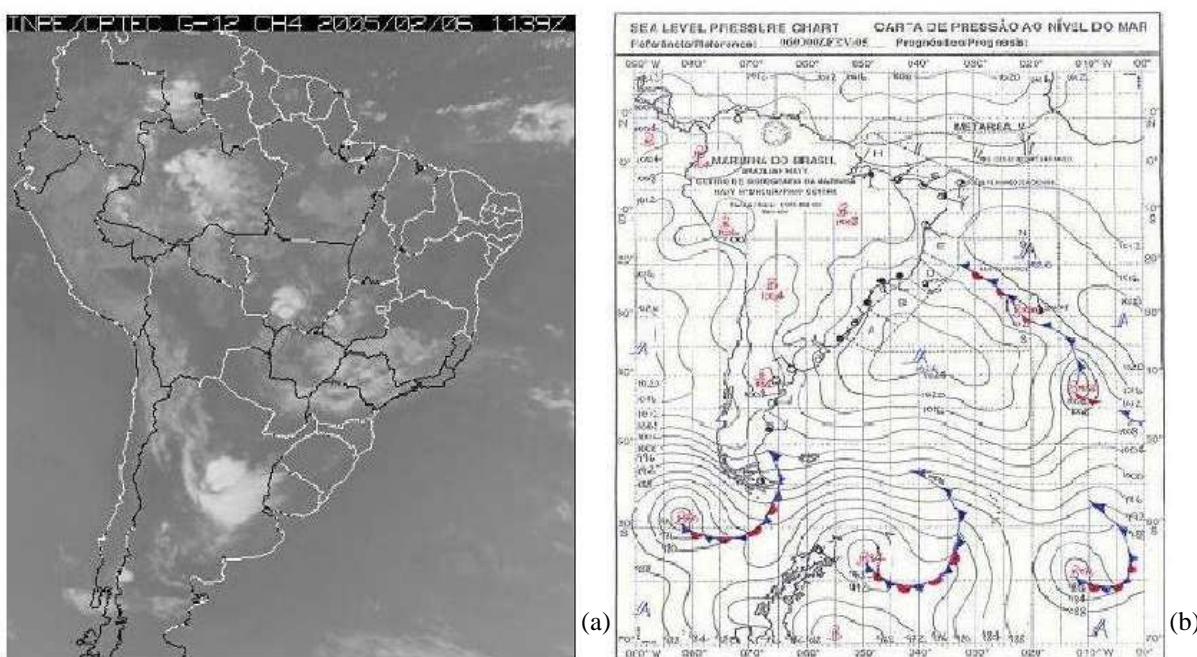


Figura 54: Imagem de satélite das 11:39Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 06/02/2005.

Fonte CPTEC/INPE e DHN.

Com base nas imagens, é possível de observar o sistema de alta pressão atuando no litoral sul (figura 54 (b)) o que mostra o estado de Santa Catarina sem cobertura de nuvens. Na Capital a pressão atmosférica registrada foi de 1020 hPa.

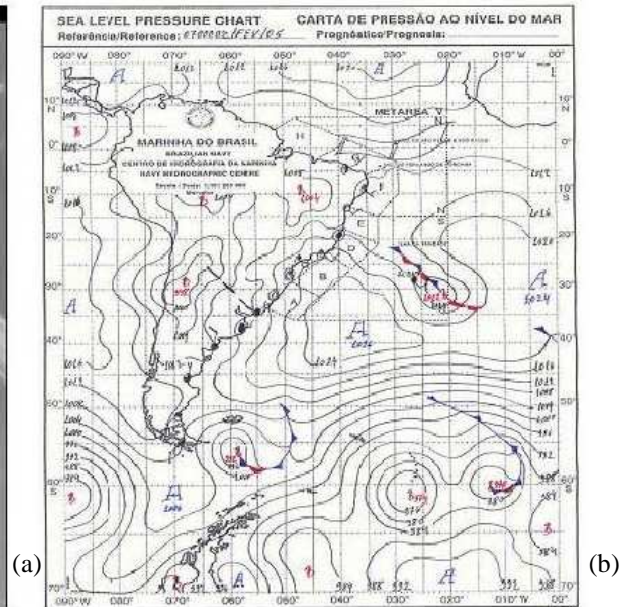
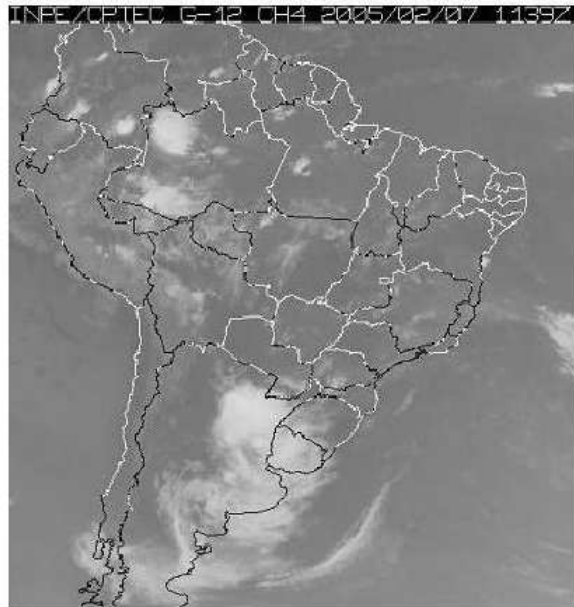


Figura 55: Imagem de satélite das 11:39Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 07/02/2005.

Fonte:CPTEC/INPE e DHN.

No dia 07/02/2005 já começam aparecer áreas de instabilidade na Argentina, mas o sistema de alta pressão ainda está atuando no litoral sul brasileiro o que deixou tempo estável na costa catarinense.

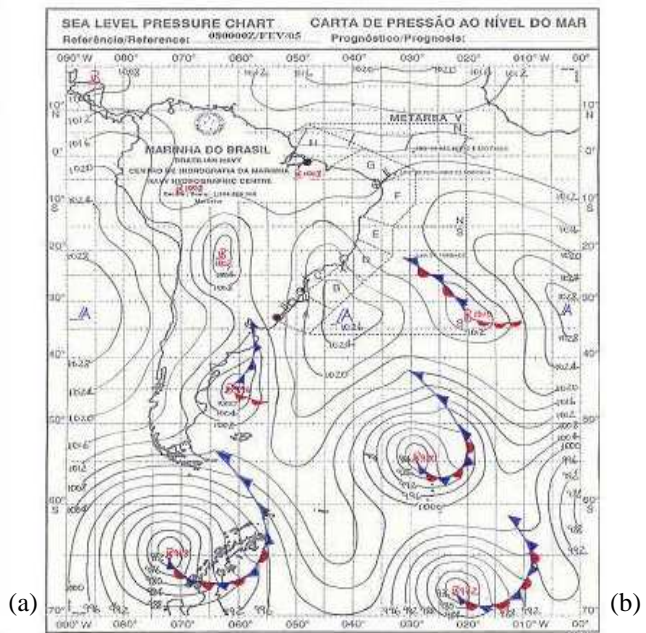
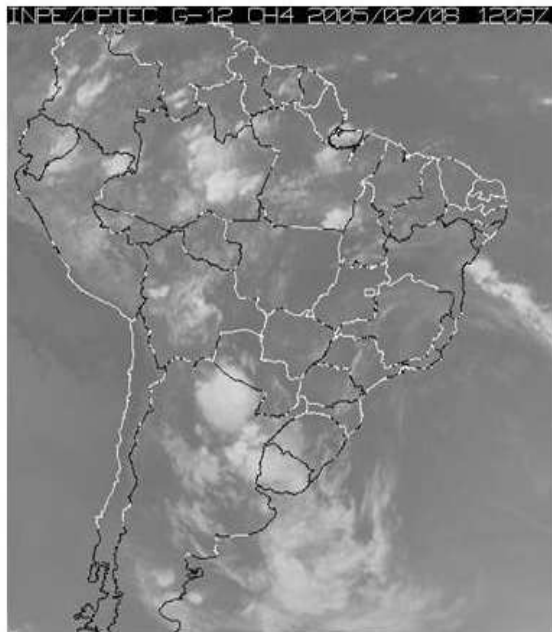


Figura 56: Imagem de satélite das 12h09min Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 08/02/2005.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

O dia da ocorrência teve formação de áreas de instabilidade associada a uma frente fria no Uruguai, porém ainda predominava o sistema de alta pressão (ver figura 56 (b)). Pela manhã havia um pouco de nebulosidade no litoral catarinense devido à circulação marítima. Próximo das 08h30min (AM) a tromba d' água foi vista nas praias de leste na Ilha de Santa Catarina, assustando moradores da região. A provável causa da formação do evento foi o forte calor associado à elevada umidade relativa no início da manhã que gerou a forte convecção. A figura 57 mostra o registro feito por um fotógrafo amador que estava no local da ocorrência.



Figura 57: Tromba d' água registrada no leste da Ilha de Santa Catarina.
Foto: Fotógrafo amador.

A TSM na costa de quase todo o Estado de Santa Catarina estava entre 25°C e 27°C próximo da normalidade climatológica. Teve uma anomalia que ficou entre -0,5°C e 0°C, como indica a figura 58 abaixo.

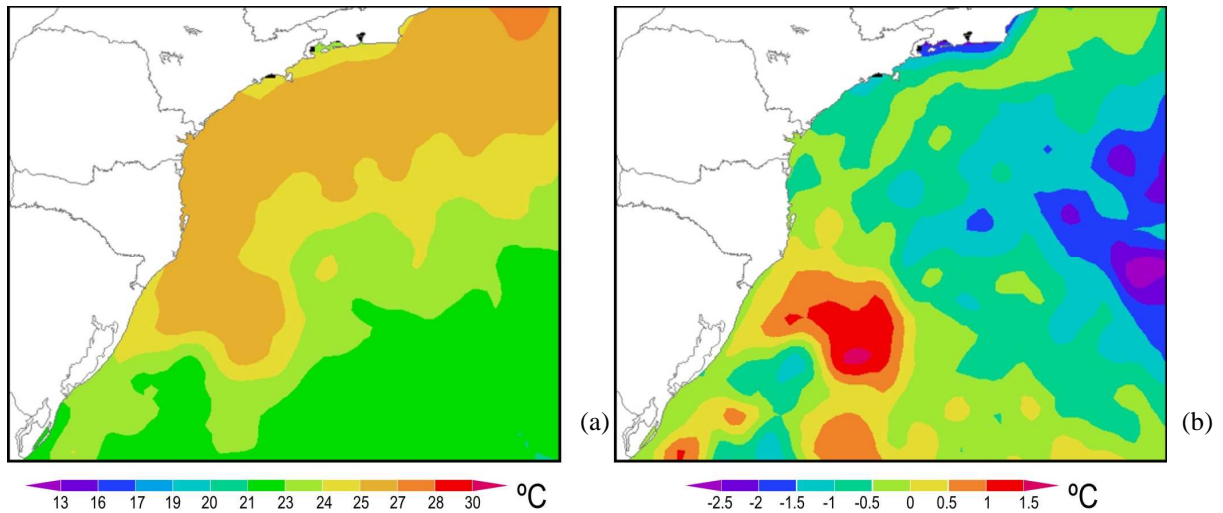


Figura 58: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 08/02/2005.
Elaborado por Felipe Mendes Silva.

A umidade relativa elevada no período da manhã, associada com a elevada TSM comum nesta época do ano e com o vento norte de intensidade contínua que trazia mais umidade do oceano, houve as condições propícias para a formação do fenômeno.

6.4.3 Episódio de 31/03/2005

Do dia 22/03/2005 até o dia 02/04/2005 foi caracterizada por temperaturas elevadas, pelo domínio da alta pressão e ocorrência de precipitação, principalmente no dia 23/03/2005 que registrou 34,20 milímetros. A tabela 12 mostra os valores das variáveis meteorológicas da estação convencional de Florianópolis e São José.

Tabela 12: Registros das condições atmosféricas do dia 22/03/2005 a 02/04/2005 da estação meteorológica de Florianópolis e São José.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
22/03/2005	25.20	22.80	67	0.00	1012.20	S	29.88
23/03/2005	22.60	29.60	83	34.20	1014.90	SE	18.00
24/03/2005	20.20	26.00	75	3.10	1016.60	S	33.48
25/03/2005	20.00	26.40	68	0.00	1018.10	S	14.76
26/03/2005	18.00	26.40	78	1.50	1016.70	SE	16.20
27/03/2005	19.80	25.80	90.00	16.80	1017.00	NE	07.56
28/03/2005	21.10	29.20	47.00	9.60	1015.10	N	14.40
29/03/2005	20.30	29.20	56.00	0.00	1012.20	N	22.68
30/03/2005	21.10	29.20	70.00	0.00	1014.70	S	27.36
31/03/2005	21.90	27.80	80.00	0.10	1014.50	E	16.56
01/04/2005	23.00	29.60	71.00	0.00	1012.10	N	14.76
02/04/2005	22.70	29.40	79.00	5.70	1011.40	SE	03.96

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

No dia 22/03/2005 teve a ultima passagem de frente fria antes do acontecimento da tromba d' água, depois de oito dias teve a chegada de um sistema frontal. Na figura 59 mostra a quantidade de sistemas frontais que passaram no Brasil no mês de março de 2005.

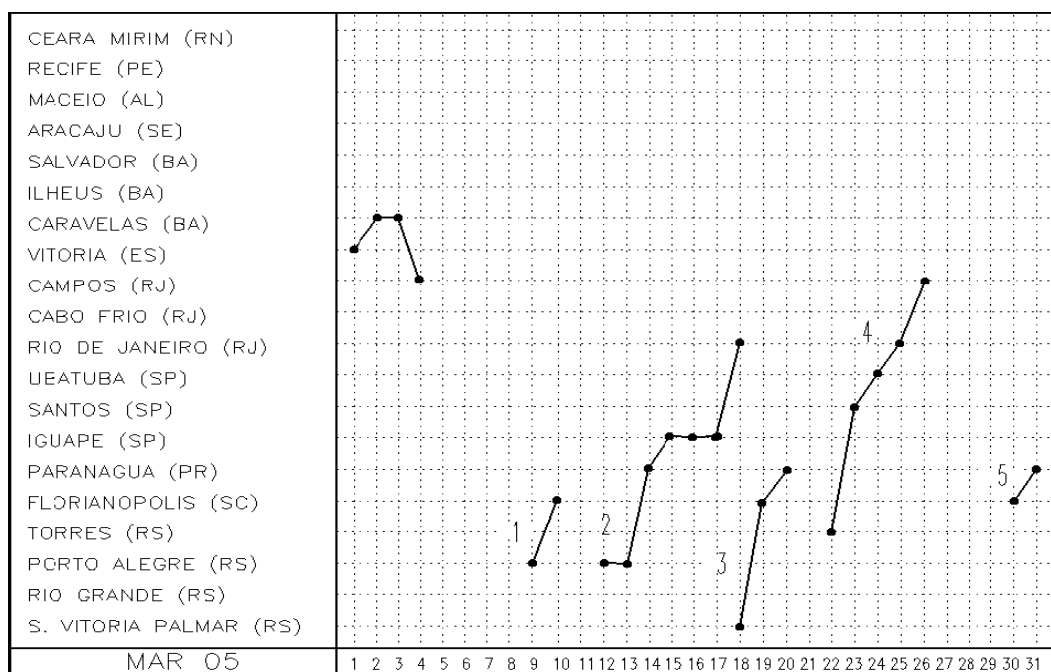


Figura 59: Número de frentes frias que passou no Brasil durante o mês de março de 2005.

Fonte: Climanalise, mar. 2005. (CPTEC/INPE).

No período de 23/03 a 26/03, o tempo registrado em Florianópolis indicava a atuação de uma massa Polar, pois os ventos eram de sul e sudeste, as temperaturas estiveram em declínio, principalmente as mínimas, assim como a umidade relativa do ar. A pressão atmosférica esteve em elevação, choveu com a passagem da frente e os ventos estiveram intensos (ver tabela 12). A partir do dia 26 as temperaturas começaram a subir e os ventos passaram a soprar de norte e nordeste. A umidade variou um pouco, mas permaneceu alta e a pressão baixou um pouco e os ventos ficaram menos intensos, demonstrando uma transição para a atuação da Tropical Atlântica e condição pré-frontal. A partir do dia 30 a frente fria já está atuando, a direção do vento registrada era de sul, a temperatura tem um leve declínio e a umidade relativa aumenta (ver tabela 12). No dia 31/03, a data da ocorrência da tromba d'água, ainda é observado os efeitos da passagem deste sistema frontal. As imagens a seguir (60, 61 e 62) mostram mais detalhadamente os sistemas atmosféricos que estavam atuando em Santa Catarina do dia 29/03/2005 ao dia 31/03/2005. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo J.

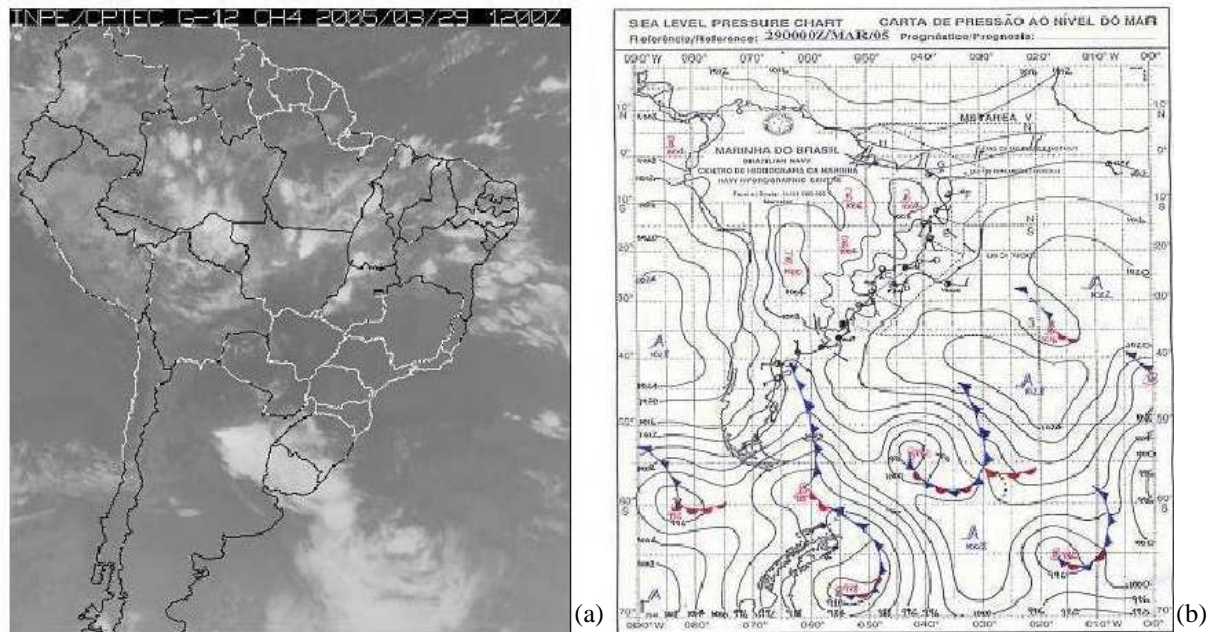


Figura 60: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 29/03/2005.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 29/03/2005 uma massa de ar seco está atuando em Santa Catarina, provocando tempo ensolarado em todas as regiões. A frente fria deslocava-se pelo Rio Grande do Sul, como mostra a figura 60 (a) e (b), o que explica as elevadas temperaturas que caracterizam a situação pré-frontal.

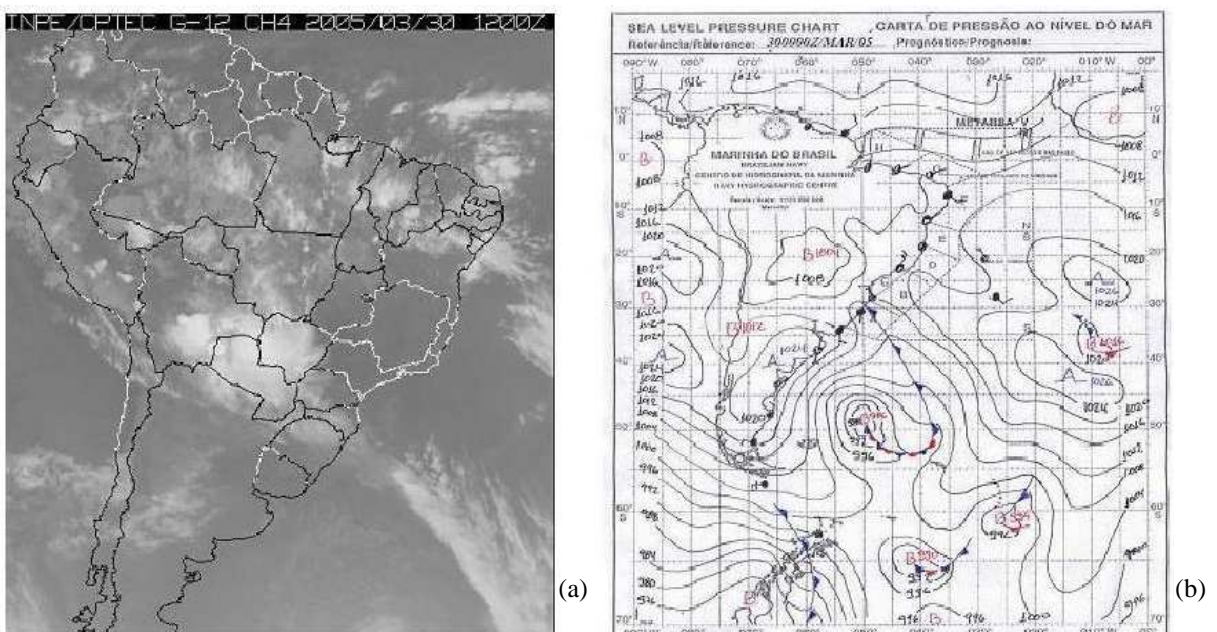


Figura 61: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 30/03/2005.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

A frente fria que estava no Rio Grande do Sul chega ao Estado, porém com fraca intensidade provocando nebulosidade em Florianópolis às 15 horas a direção do vento já vira para sul e a umidade relativa está em 70%.

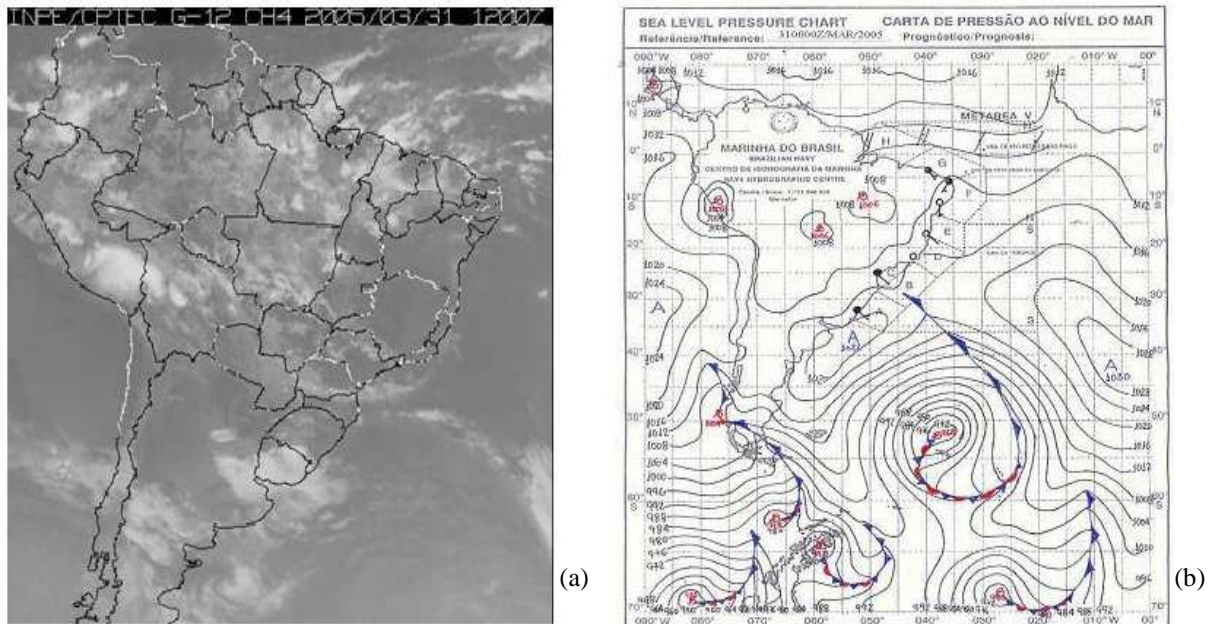


Figura 62: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 00Z, ambas do dia 31/03/2005.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

Um sistema de baixa pressão se forma entre Santa Catarina e Rio Grande do Sul associado à frente fria. Em Florianópolis houve aberturas de sol e núcleos de convectivos durante a tarde, que gerou a tromba d' água na praia do Campeche no fim da tarde do dia 31/03/2005. A figura 63 mostra a foto tirada pelo estudante Henrique Córdoba Pinto da tromba d' água.



Figura 63: Fotografia da tromba d' água ocorrida na praia do Campeche no dia 31/03/2005.
Foto: Henrique Córdoba Pinto.

A figura 64 a seguir mostra TSM e sua anomalia no dia da ocorrência da tromba d' água.

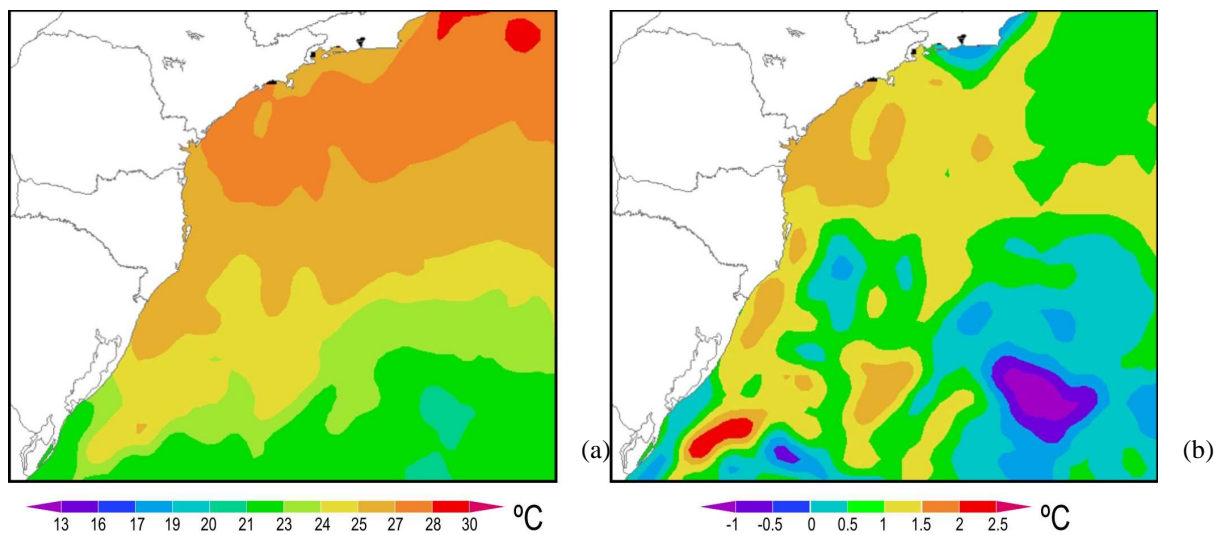


Figura 64: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 31/03/2005.
Elaborado por Felipe Mendes Silva.

A TSM estava entre 25°C e 27°C em todo litoral catarinense (figura 64 (a)) e anomalia estava acima da média entre 1,0°C e 1,5°C (figura 64 (b)). No sudeste da Ilha de Santa Catarina havia um núcleo com uma anomalia um pouco maior variando de 1,5°C a 2°C. As elevadas TSM em conjunto com os núcleos convectivos associados com a frente fria,

possivelmente proporcionou ainda mais umidade para iniciar a tromba d' água no sul de Florianópolis.

6.4.4 Episódio de 02/03/2008

Em Florianópolis, do período da entrada da última frente fria até dois dias depois do acontecimento da tromba da água ocorreu às seguintes condições do tempo ocorridas estão sistematizadas na tabela 13 organizada, pelo autor, com os dados das estações meteorológicas de Florianópolis e São José.

Tabela 13: Registros das condições atmosféricas do dia 27/02/2008 a 04/03/2008 da estação meteorológica convencional de Florianópolis e São José.

Data	Temp. Mínima (°C)	Temp. Máxima (°C)	Umidade Relativa (%)	Chuva (mm)	Pressão (hpa)	Dir. Vento	Vel. Vento (Km/h)
27/2/2008	21.90	29.00	53	45.00	1014.50	NE	15.48
28/2/2008	22.40	28.00	55	2.50	1012.40	N	22.68
29/2/2008	23.20	26.10	83	8.50	1007.30	N	14.76
1/3/2008	20.60	33.00	42	74.60	999.00	N	7.20
2/3/2008	21.00	33.60	43	0.00	1002.30	NE	11.88
3/3/2008	20.50	31.80	44	10.40	1003.90	S	7.20
4/3/2008	21.20	30.80	47	8.10	1008.20	SE	22.68

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

Percebe-se que durante esses dias predominaram temperaturas elevadas e em elevação, umidade relativa baixa e precipitação praticamente diária, com total elevado no dia anterior à tromba d' água. Também chama bastante atenção a queda da pressão atmosférica a partir do dia 29/02/2008 devido ao sistema de baixa pressão entre o Uruguai e a Argentina. Durante estes dias não houve passagem de frente fria, a figura 65 mostra o número de frentes frias que atingiu o litoral brasileiro no mês de março de 2008.

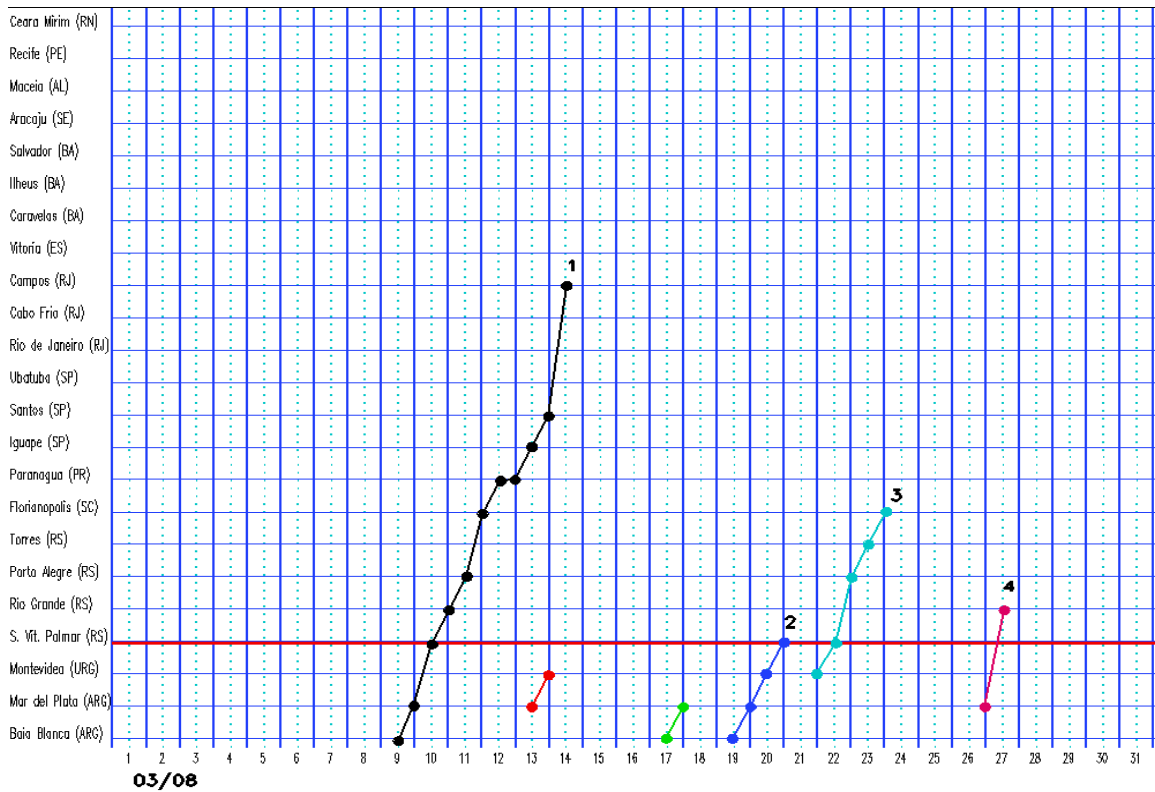


Figura 65: Número de frentes frias que passou no Brasil durante o mês de março de 2008.
Fonte: Climanalise, mar. 2008. (CPETEC/INPE).

As figuras 66, 67 e 68 mostram as imagens de satélite e as cartas sinóticas dos dias 29 de fevereiro e 01 e 02 de março, respectivamente. Nelas pode ser identificado o sistema de baixa pressão que estava atuando no Estado de Santa Catarina. As cartas sinóticas podem ser melhor visualizadas no anexo K.

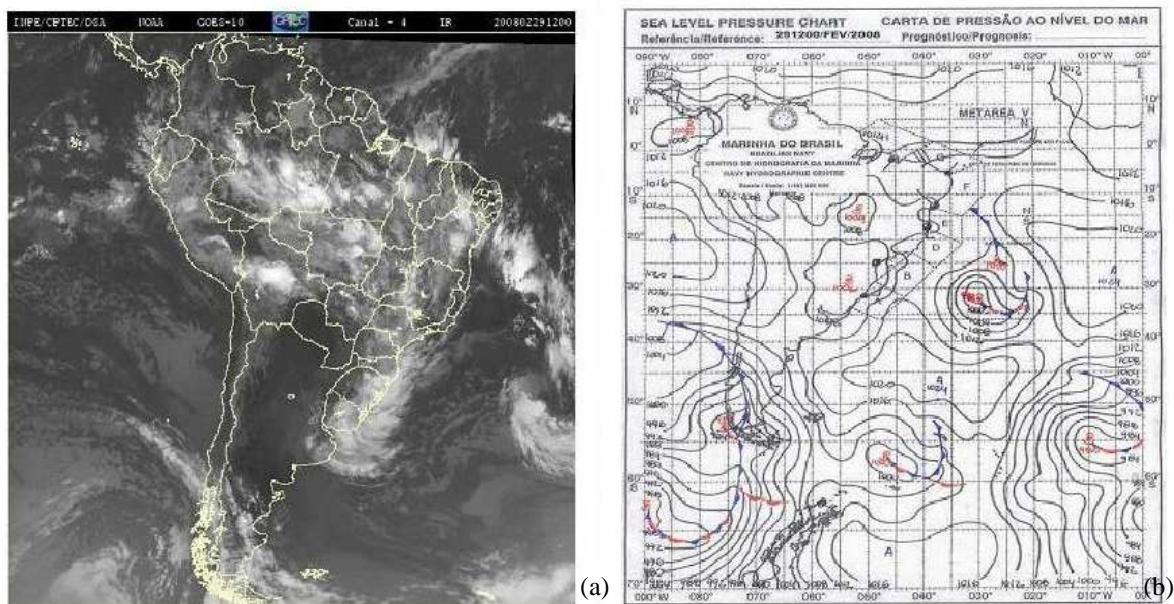


Figura 66: Imagem de satélite das 12:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 29/02/2008.
Fonte: CPETEC/INPE e DHN.

No dia 29/03/2008, a figura 66 (a) mostra bastante nebulosidade em Santa Catarina devido à baixa pressão sobre o continente abrangendo a Argentina, Paraguai e o Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Na figura 66 (b), a pressão atmosférica neste dia às 15 horas era de 1007 hPa.

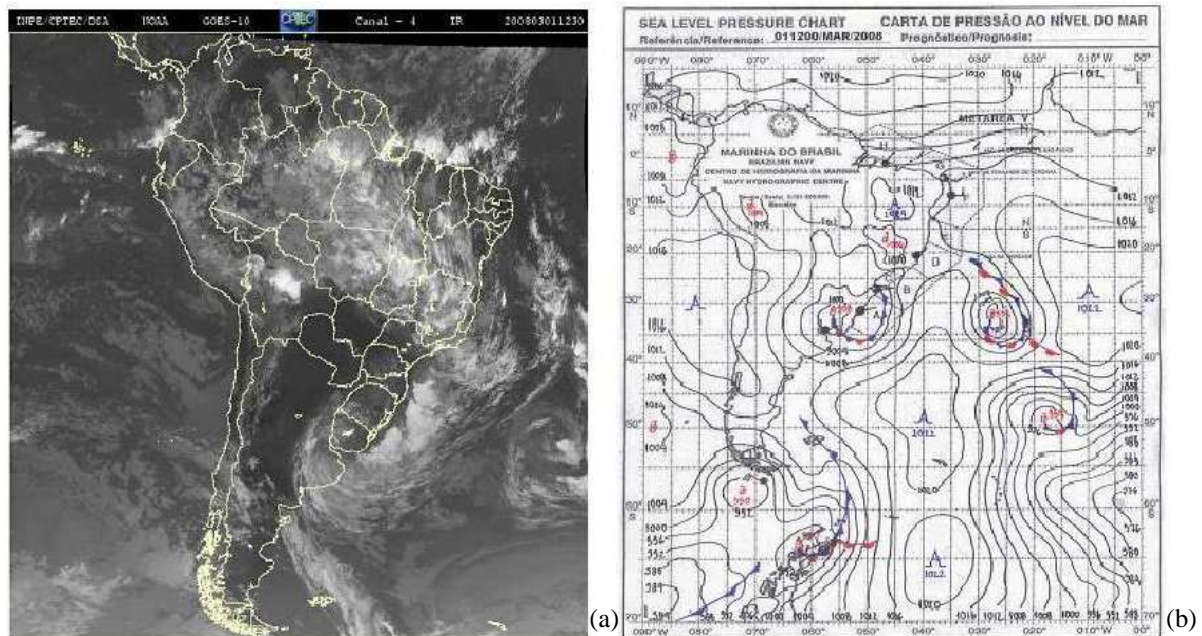


Figura 67: Imagem de satélite das 12:30Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 01/03/2008.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 01/03/2008 observa-se a formação de um sistema de baixa pressão entre o Uruguai e a Argentina, conforme mostra a figura 67 (b) e nebulosidade no litoral de Santa Catarina. Muita chuva foi registrada na estação meteorológica de Florianópolis, 74,60 milímetros, e a pressão atmosférica neste dia foi ainda menor 999,0 hPa.

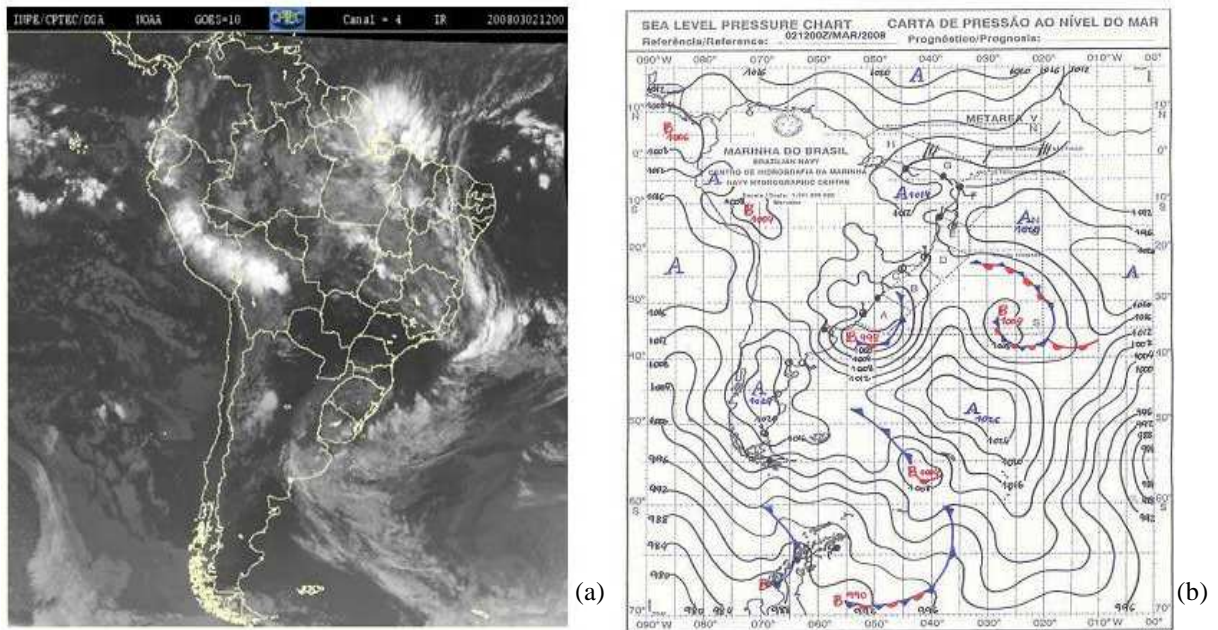


Figura 68: Imagem de satélite das 20:00Z do canal infravermelho e carta de pressão ao nível do mar das 12Z, ambas do dia 02/03/2008.

Fonte: CPTEC/INPE e DHN.

No dia 02/03/2008 o forte calor durante o dia, intensificando a evaporação e a queda da pressão deu origem à tromba d' água que foi vista na praia de Palmas em Governador Celso Ramos e próximo da Ilha do Francês em frente à praia de Canasvieiras. A figura 68 (a) mostra a nebulosidade associada com o sistema de baixa pressão na região de Florianópolis. O fenômeno ocorreu no fim de tarde típico de convecção. A figura 69 a seguir mostra o registro fotográfico feito por Julia Mohr.



Figura 69: Tromba d' água registrada no fim de tarde do dia 02/03/2008.
Foto: Julia Mohr.

A TSM na região de Florianópolis estava entre 25°C e 27°C e a anomalia estava entre 0°C e 0,5°C acima da média, próximo da normalidade para os parâmetros de março de 2008, como indica a figura 70 (a) e (b).

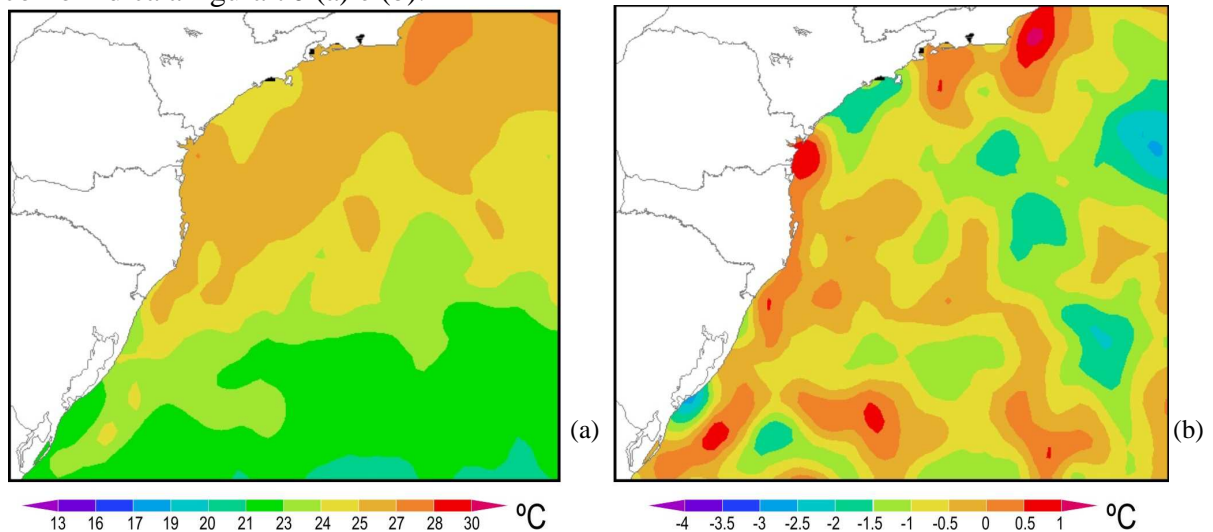


Figura 70: Temperatura média da superfície do mar e anomalia da mesma do dia 02/03/2008.

Elaborado por Felipe Mendes Silva.

O forte calor durante o dia, que favoreceu a evaporação, e o sistema de baixa pressão atuante criaram as condições para gerar a convecção entre o mar e a massa de ar mais instável, constituindo o fenômeno tromba d' água.

6.5 CARACTERIZAÇÃO DA TEMPERATURA DO ANO DE 2005

O ano de 2005 teve uma interessante peculiaridade, cinco dos doze casos de trombas d' água analisados neste trabalho ocorreram neste ano. Além disso, em 2005 aconteceram dois tornados, um no sul do estado, em Criciúma, no dia 03/01/2005 e outro no município de Itapoá, no dia 22/04/2005. A tabela 14 mostra os acontecimentos de tempestade severa no ano de 2005.

Tabela 14 - Trombas d' água e tornados ocorridos em Santa Catarina no ano de 2005.

Data	Localidade	Fenômeno
03/01/2005	Criciúma	Tornado
08/02/2005	Florianópolis	Tromba d'água
26/02/2005	São Francisco do Sul	Tromba d'água
31/03/2005	Florianópolis	Tromba d'água
22/04/2005	Itapoá	Tornado
22/04/2005	São Francisco do Sul	Tromba d'água
23/07/2005	São Francisco do Sul	Tromba d'água

As condições necessárias para a formação da tromba d' água estão relacionadas, entre outros fatores, com calor mais intenso e elevada umidade do ar. Através da climatologia da temperatura máxima, mínima e média de cada mês das estações meteorológicas convencionais de São José e Joinville, é possível verificar se o ano de 2005 estava realmente mais quente que o normal nas regiões onde ocorreram as trombas d' água.

Primeiramente, será feita uma breve análise entre alguns dados das trombas d' água ocorridas em Florianópolis no ano de 2005 e gráficos que mostram a comparação da climatologia deste ano com os dados da estação meteorológica convencional de São José. Logo em seguida, o mesmo tipo de análise será feita para os eventos em São Francisco do Sul, usando para estes casos, a comparação na variável de temperatura da estação meteorológica convencional de Joinville.

6.5.1 Análise da temperatura do ano de 2005 na região de Florianópolis

A região de Florianópolis teve duas ocorrências de tromba d' água no ano de 2005. A primeira no mês de fevereiro e uma outra em março. A figura 71 mostra a média mensal da temperatura máxima em comparação com a climatologia da estação meteorológica convencional de São José.

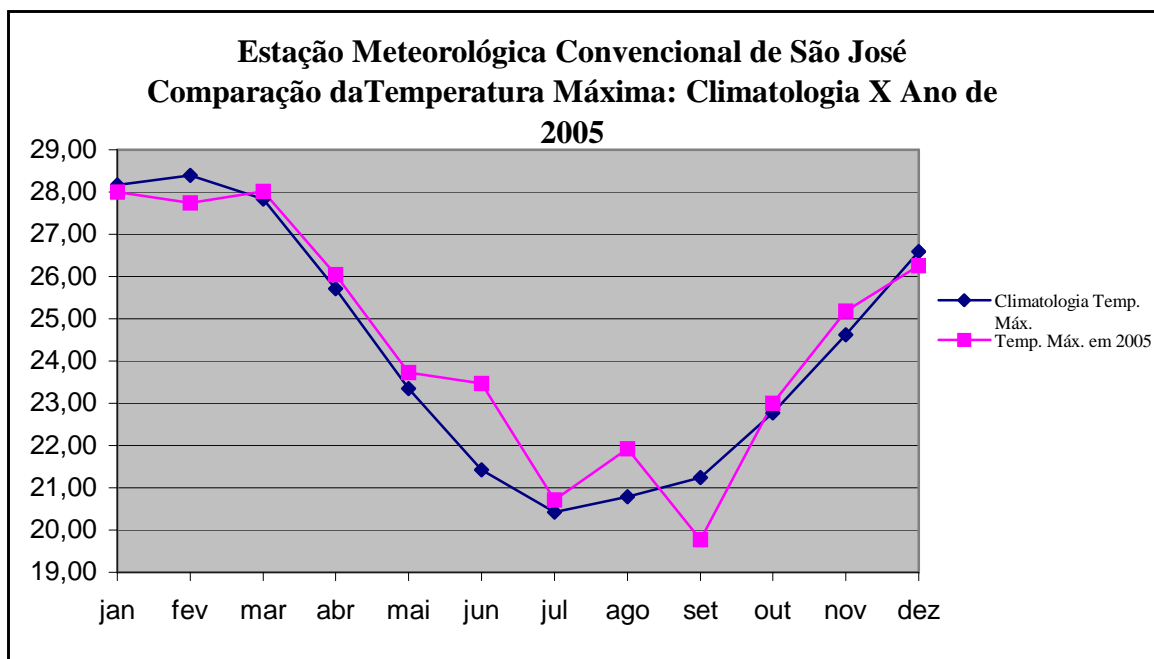


Figura 71: Comparação mensal da temperatura máxima climatológica com a média mensal da temperatura máxima do ano de 2005 da estação meteorológica convencional de São José.

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

De acordo com o gráfico, na maioria dos meses a média da temperatura máxima ficou acima da climatologia. Somente em fevereiro, setembro e dezembro essa média ficou abaixo da média climatológica. Ainda de acordo com a figura 71, observa-se que as médias das temperaturas máximas do ano de 2005 ficaram menos de 1°C acima da média climatológica. Somente no mês de junho ela superou a média climatológica em 2°C e em agosto a superou em 1°C.

Em fevereiro, um dos meses em que houve a ocorrência da tromba d' água em Florianópolis, a temperatura máxima ficou abaixo da climatologia. No dia 08 de fevereiro de 2005, data de ocorrência da tromba, a temperatura máxima chegou aos 28°C, um pouco acima da média do ano de 2005 e próximo de 0,5°C abaixo da climatologia. Já em março, mês de ocorrência de mais uma tromba d' água, a temperatura mensal ficou um pouco acima da normal climatológica. No dia 31 desse mês, data do fenômeno, a temperatura máxima registrada foi de 27,8°C, ou seja, entre a climatologia e a média do mês em 2005.

A figura 72 mostra a comparação das médias mensais da temperatura mínima do ano de 2005 com a climatologia da mesma variável.

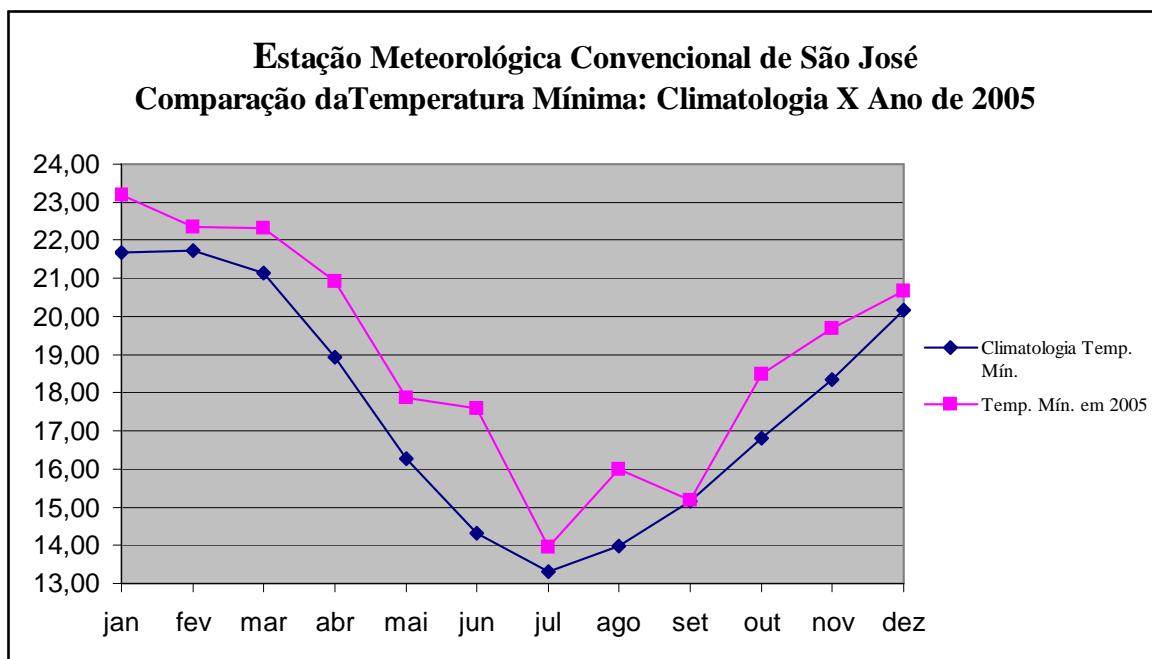


Figura 72: Comparação mensal da temperatura mínima climatológica com a média mensal da temperatura mínima do ano de 2005 da estação meteorológica convencional de São José.

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

As temperaturas mínimas mensais do ano de 2005 ficaram todas superiores a média mensal da climatologia, somente em setembro essas temperaturas ficaram próximas à média climatológica. As anomalias positivas ficaram, em sua maioria, acima de 1°C da média climatológica e no mês de junho superou em mais de 4°C esse valor.

No dia 08 de fevereiro de 2005, a temperatura mínima foi de 18,8°C, registrando uma amplitude térmica diária de 9,2°C com a temperatura máxima. Em 31 de março do mesmo ano, a temperatura mínima foi de 21,9°C. Acima da normalidade, mas abaixo da média mensal de março de 2005. Neste dia a amplitude térmica foi menor, marcando 5,9°C.

A figura 73 mostra a comparação da temperatura média do ano de 2005 com a climatologia da estação meteorológica.

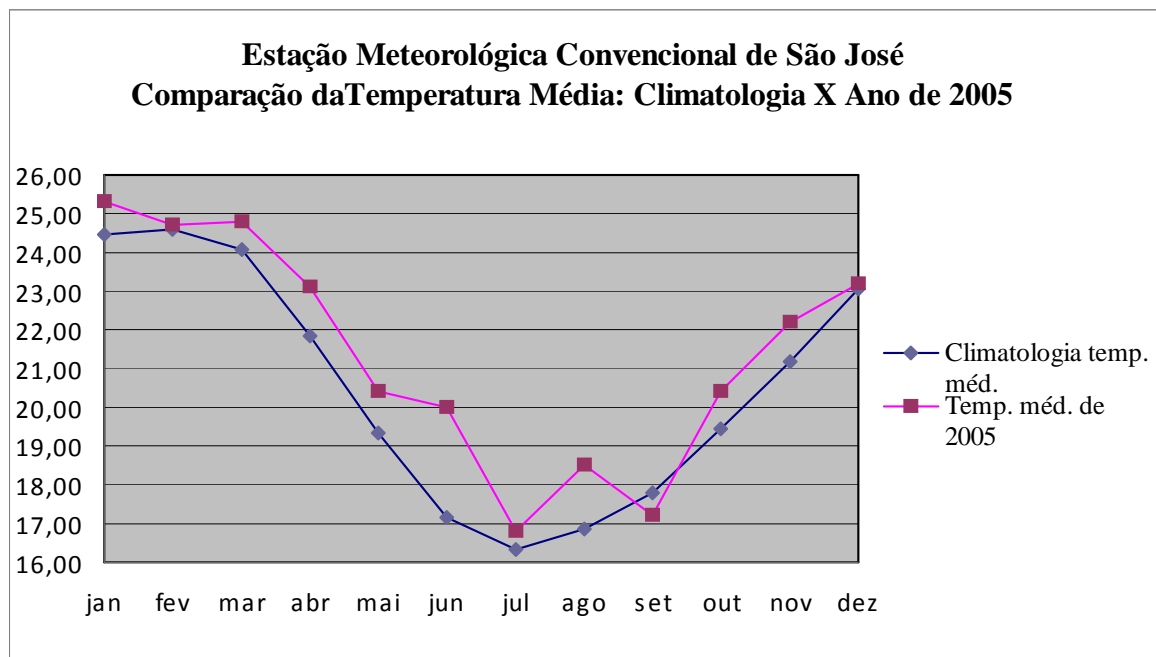


Figura 73: Comparação da temperatura média climatológica com a temperatura média do ano de 2005 da estação meteorológica convencional de São José.

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

As temperaturas médias mensais do ano de 2005 estão, de modo geral, superiores a da climatologia. Apenas nos meses de setembro as temperaturas ficaram abaixo da média climatológica. Fevereiro e dezembro ficaram um pouco superiores, porém próximos à climatologia.

Portanto, o ano de 2005 foi mais quente que o normal. As temperaturas máximas ficaram próximas da climatologia e as temperaturas mínimas ficaram mais elevadas do que a normal climatológica, deste modo as temperaturas médias ficaram mais elevadas. Assim, o ano de 2005 favoreceu uma condição de tempo mais quente, proporcionando mais evaporação. Com isso, houve maior concentração de umidade o que é um fator determinante para a ocorrência da tromba d' água.

As temperaturas máximas e mínimas dos dias de ocorrência das trombas d' água no ano de 2005 tiveram um comportamento distinto. Enquanto em fevereiro as temperaturas estavam abaixo da climatologia, no mês de março as temperaturas ficaram mais elevadas do que a média climatológica.

6.5.2 Análise da temperatura do ano de 2005 na Região Norte Catarinense

No Litoral Norte, mais precisamente em São Francisco do Sul, ocorreram três casos de tromba d' água em 2005 e um tornado no município de Itapoá durante o mesmo ano. Com base na climatologia da estação meteorológica de São José, possivelmente, o ano de 2005 foi mais quente na região de São Francisco do Sul. Devido à estação meteorológica convencional de Joinville não possuir dados suficientes para determinar uma climatologia, uma vez que começou a funcionar a partir do ano de 1996, os gráficos a seguir são baseados na média de 13 anos de funcionamento (de 1996 a 2008).

A figura 74 mostra a comparação entre a média mensal da temperatura máxima no ano de 2005 e a média de 13 anos da mesma variável.

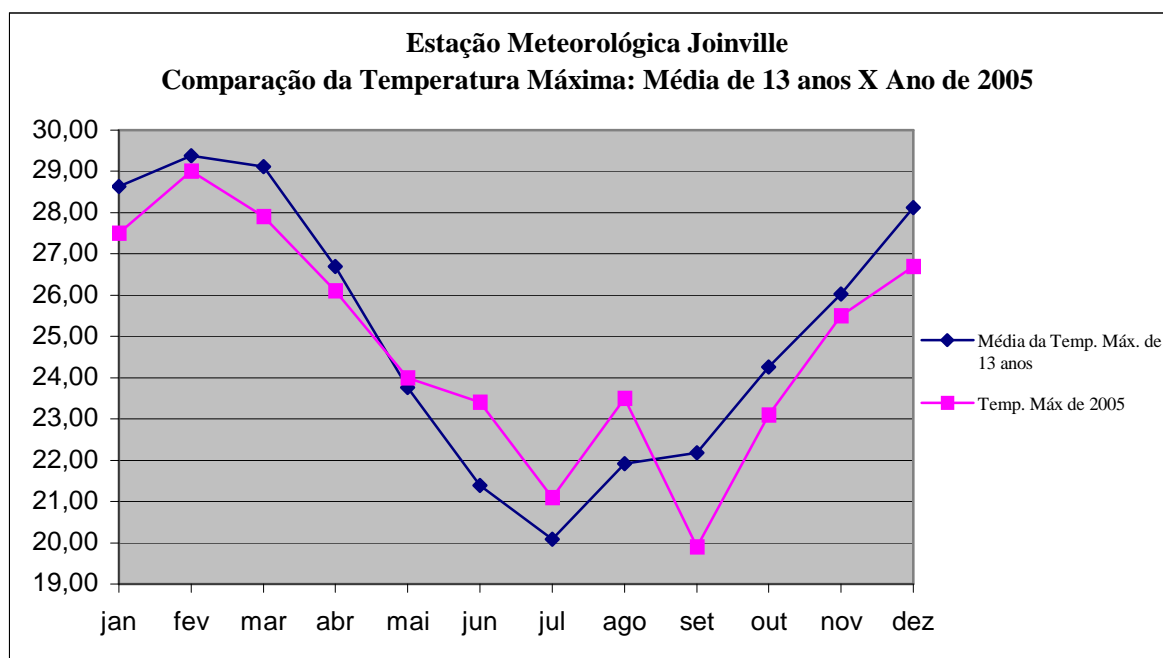


Figura 74: Comparação da média mensal da temperatura máxima da média de 13 anos com a temperatura média mensal da máxima do ano de 2005 referente a estação meteorológica convencional de Joinville.

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

De acordo com os valores da figura 74, percebe-se que durante o verão a média da temperatura máxima do período entre 1996 e 2008 foi maior do que a do ano de 2005. Somente nos meses de junho, julho e agosto as temperaturas máximas de 2005 foram mais elevadas.

No mês de fevereiro, a média da temperatura máxima de 2005 ficou abaixo da climatologia, mas no dia do ocorrido (26 desse mês) a temperatura máxima registrada foi de 31,23°C, em São Francisco do Sul, superando tanto a média de 2005 quanto a dos 13 anos de

dados. Situação semelhante ocorreu no mês de abril. A média da temperatura máxima de 2005 foi menor, mas a temperatura máxima do dia do ocorrido (26/02/2005) foi de 24,17°C, um pouco acima das duas médias analisadas na figura 74. Já no mês de julho foi diferente, a média de temperatura máxima deste mês em 2005 ficou superior a média de registros da estação meteorológica. Na data do acontecimento, dia 23, o valor da temperatura máxima foi de 18,34°C. Mesmo com a temperatura abaixo das duas médias mensais, o fenômeno ocorreu. Como no dia anterior a direção do vento estava de norte-nordeste e a umidade relativa estava mais elevada 93,5%, é bem possível que essas condições da véspera tenham favorecido tal ocorrência. Principalmente quanto ao fator da umidade, onde o vento “empurrando” a umidade do oceano em direção à serra do mar, aumentando a quantidade de vapor na atmosfera.

A figura 75 mostra informações sobre a média mensal da temperatura mínima ocorrida em 2005 com a média de 13 anos da mesma variável.

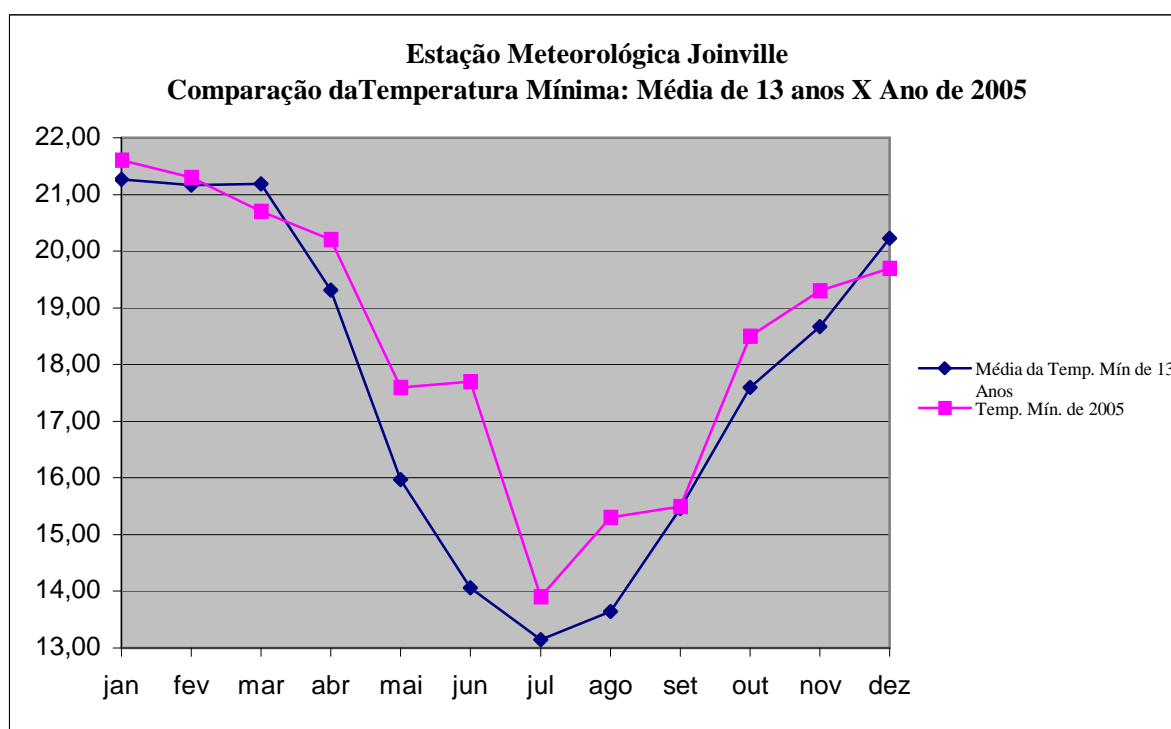


Figura 75: Comparação da média mensal da temperatura mínima da média de 13 anos com a temperatura média mensal da mínima do ano de 2005 referente a estação meteorológica convencional de Joinville.

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

De modo geral as médias da temperatura mínima foram, no ano de 2005, maiores do que na média de 13 anos desta mesma variável, principalmente no mês de junho que apresenta um valor de aproximadamente 3°C acima da média. Somente no mês de março e dezembro o

ano de 2005 apresentou valores um pouco menores e em setembro ficou praticamente dentro da média.

No dia 26 de fevereiro de 2005 a temperatura mínima registrada foi de 22,08°C, superior as duas médias desta variável analisadas no figura 75. Esta diferença chega a 1°C. No mês de abril, no dia da ocorrência do fenômeno a temperatura mínima teve o registro de 18,93°C, ficando com o valor abaixo das duas médias analisadas. Já no dia 23 de julho desse mesmo ano, a temperatura mínima teve o valor de 17,13°C, mais de 4°C acima da média mensal de 13 anos da estação e mais de 3°C com a média mensal de temperatura mínima de 2005.

A figura 76 indica os valores da média mensal da temperatura ocorrida em 2005 comparada com a mesma variável da média de 13 anos de funcionamento da estação meteorológica convencional de Joinville.

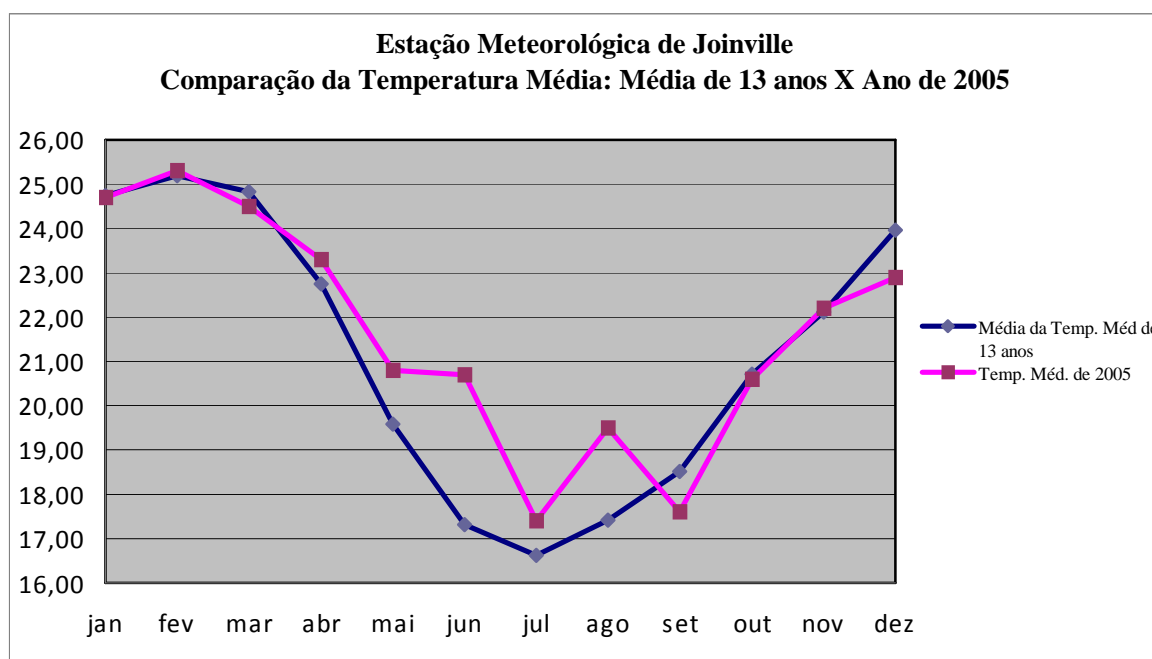


Figura 76: Comparação da média mensal da temperatura média da média de 13 anos com a temperatura média mensal da temperatura média do ano de 2005 referente a estação meteorológica convencional de Joinville.

Fonte: EPAGRI/CIRAM.

Observando a figura 76 e comparando as médias de temperatura, nota-se que o ano de 2005 foi mais quente entre os meses de abril e agosto, mais frio em fevereiro e em dezembro, e de acordo com a média de 13 anos da estação meteorológica no restante dos meses.

Considerando somente os valores presentes nas últimas três figuras vistas (74, 75 e 76) não se pode afirmar que o ano de 2005 foi mais quente, porque a média dos 13 anos da estação meteorológica convencional de Joinville não representa a climatologia da região. Todavia, levando em consideração os gráficos da estação meteorológica convencional de São José, que representa bem uma climatologia, é possível realizar a afirmação. Deste modo, usando os dados presentes nas figuras 74, 75 e 76 como complemento de informações, pode-se dizer que realmente o ano de 2005 foi mais quente também no Litoral Norte.

O valor da temperatura máxima e mínima do dia de cada acontecimento também teve bastante variação em relação à média dos 13 anos de funcionamento da estação. No episódio que ocorreu em fevereiro de 2005, tanto a temperatura máxima como a mínima ficaram acima da média. No caso que ocorreu em abril a temperatura máxima ficou acima das duas médias, mas a temperatura mínima ficou abaixo. Em julho, mês em que se registrou um dos casos mais curiosos por representar uma época em que não é comum a ocorrência deste tipo de fenômeno, a temperatura máxima ficou abaixo da média mensal de 2005 e da média do tempo de funcionamento do equipamento meteorológico. A temperatura mínima ficou consideravelmente mais elevada do que as médias analisadas, como no caso da estação de São José.

Assim sendo, com o mês de julho mais quente que o normal e especificamente o dia 23 com temperaturas mais elevadas, houve um favorecimento do aumento da evaporação dando condições mais úmidas. Possivelmente, devido à elevada temperatura no mês de junho, pode ter influenciado na TSM, sendo que no dia do episódio, este valor ficou 1,5°C acima do normal, o que provavelmente favoreceu a evaporação e ainda mais a quantidade de umidade do ar, intensificando a formação da tromba d' água.

Logicamente não apenas o caso de julho de 2005 teve este agravante. Os outros eventos também tiveram, mas chama atenção a ocorrência do fenômeno em uma época incomum e no mesmo ano em que foi registrado o maior número de casos em Santa Catarina. Isso justifica o destaque dado, neste capítulo, à análise da temperatura do ano de 2005.

De acordo com os gráficos analisados, o ano de 2005 foi mais quente tanto na Grande Florianópolis como no Litoral Norte. Por isso aquele ano poderia estar mais propício a apresentar os fatores que favorecem as ocorrências destes fenômenos.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante o período de 1996 a 2008 ocorreram doze casos de tromba d' água, média de quase um episódio por ano. Seguindo esta lógica, a costa de Santa Catarina está propensa a este tipo de tempestade severa. O relevo é propício à formação do fenômeno em conjunto com a sua localização geográfica, que é caminho de diversos sistemas produtores de tempo, favorecendo as mudanças bruscas devido ao contraste térmico entre uma massa de ar quente e outra fria.

A umidade é um dos principais fatores necessários para ocorrência da tromba d' água e, a atuação do relevo é evidente na retenção da umidade vinda do oceano ou de algum sistema produtor de tempo. A presença da Serra do Mar no litoral Norte influencia nas características do clima desta região. Isto pode explicar o fato de ocorrerem mais trombas d' água nesta região, uma vez que, foram sete dos doze episódios.

As condições da atmosfera antes das ocorrências, na maioria dos casos, se caracterizavam por mais de sete dias sem a passagem de frente fria. Somente em dois episódios houve passagem deste sistema em menos de sete dias, as duas em Florianópolis, uma no dia 08/02/2005 (seis dias) e a outra no dia 02/03/2008 (quatro dias). Possivelmente este tipo de comportamento favorece maior tempo de aquecimento e evaporação. O término deste período pelo avanço do fluxo polar gera um contraste térmico muito forte que cria condições propícias à formação da tromba d' água.

O principal sistema atmosférico causador do contraste térmico que deu início a formação da tromba d' água, foi à frente fria que teve atuação direta em cinco dos onze casos analisados, que são os de São Francisco do Sul nos dias 27/01/1996, 09/01/2002 e 23/07/2005, os dois casos de Itapoá. Nos outros seis casos restantes houve participação de sistemas de baixa pressão, convecção tropical (chuva de verão), linhas de instabilidades vindas do oeste e frente quente. Todos eles provocaram contraste térmico e aumento da umidade relativa na atmosfera.

As temperaturas máximas ficaram acima dos 24°C em quase todos os casos, somente no evento em que ocorreu no inverno foi registrada temperatura de 20°C. Na leitura das 15 horas a umidade relativa ficou superior aos 58%. Portanto as ocorrências estão envolvidas com tempo mais quente e úmido e nos dias que antecederam a tromba d' água, normalmente as temperaturas estavam mais elevadas aumentando a evaporação, deixando o ambiente mais

úmido. O vento, na maioria das vezes, soprava da direção leste ou nordeste contribuindo mais no aumento de vapor na atmosfera, transportando a umidade do oceano em direção à costa.

Pelas condições de calor e percentual de umidade relativa do ar, a maioria dos episódios ocorreu no verão, sendo oito eventos. Dois deles ocorreram no começo do outono, quando as temperaturas ainda estão elevadas, inclusive as do oceano. Um evento atípico ocorreu no inverno, em São Francisco do Sul, no dia 23/07/2005.

Outro fator importante que influencia na evaporação é a TSM. Com exceção do evento ocorrido no inverno, em todos os episódios a temperatura das águas estava superior aos 24°C chegando ao máximo em 27°C. Os oceanos quentes favorecem mais umidade para atmosfera intensificando a tromba d' água. Em três casos a TSM estava abaixo da climatologia com uma anomalia negativa de 1,0°C, porém isto não quer dizer que a temperatura do oceano esteja fria, pois mesmo assim houve as condições necessárias para formação da tromba d' água. Nos oito casos restantes, houve anomalia positiva variando de 0,3°C a 1,5°C; este é um fator importante, pois o oceano mais quente fornece mais umidade a atmosfera dando maior probabilidade de ocorrência da tromba d' água. Este fator pode explicar a ocorrência deste fenômeno em São Francisco do Sul no inverno, porque a TSM estava 1,5°C acima da média, o valor da umidade relativa estava próximo dos 90% e com aproximação da frente fria pelo oceano intensificou-se a convecção e formou-se a tromba d' água.

A tabela 15 mostra o resumo dos resultados obtidos de cada análise de ocorrência da tromba d' água no litoral de Santa Catarina.

Tabela 15: Resultados obtidos, resumidamente, das análises de cada tromba d' água ocorrida no litoral de Santa Catarina.

Localidade	Data do evento	Estação do ano	Nº de dias sem frente	Sist. atmosférico atuante	TSM (°C)	Anom. da TSM (°C)
São Francisco do Sul	27/01/1996	Verão	10	Frente fria	25 – 27	0,5 – 1,0 negativo
Itapoá	02/02/1997	Verão	13	Baixa pressão, frente fria e frente quente	25 – 27	0,0 – 0,5 positivo
Florianópolis	23/02/2000	Verão	08	Baixa pressão áreas de instabilidade	24 – 25	0,5 – 0,0 negativo
Itapoá	01/03/2000	Verão	16	Frente fria	25 – 27	0,5 – 1,0 positivo
São Francisco do Sul	09/01/2002	Verão	09	Frente fria	25 – 27	0,5 – 1,0 positivo
Florianópolis	08/02/2005	Verão	06	Áreas de instabilidade	25 – 27	0,5 – 0,0 negativo
São Francisco do Sul	26/02/2005	Verão	08	Áreas de instabilidade	25 – 27	0,3 – 0,6 positivo
Florianópolis	31/03/2005	Outono	09	Núcleos convectivos e baixa pressão	25 – 27	1,0 – 1,5 positivo
São Francisco do Sul	22/04/2005	Outono	07	Frente quente e baixa pressão	24 – 25	0,5 – 1,0 positivo
São Francisco do Sul	23/07/2005	Inverno	07	Frente fria	20 – 21	1,0 – 1,5 positivo
Florianópolis	02/03/2008	Verão	04	Baixa pressão	25 – 27	0,0 – 0,5 positivo

Elaborado por: Felipe Mendes Silva

Outra questão que chamou atenção neste trabalho foi o número de ocorrências de tromba d' água no ano de 2005, cinco casos. Pelos gráficos apresentados o ano de 2005 foi mais quente que a climatologia; com as temperaturas mais elevadas há mais evaporação dando condições mais propícias para ocorrência de tromba d' água.

9.1 DIFICULDADES ENCONTRADAS

Dentro das dificuldades encontradas destaca-se a falta de dados, principalmente na região do litoral norte catarinense, que até o ano de 2003 não possuía estações meteorológicas nos municípios que realmente fazem parte da costa. Sendo assim as ocorrências do litoral norte

até o ano de 2000 foram analisadas com os dados da estação de Joinville, o que pode não corresponder exatamente às condições do tempo durante os episódios da tromba d' água.

A ausência de informações sobre o mês e o dia do acontecimento atmosférico no município de Palhoça no ano de 2002 impossibilitou a análise deste episódio. O que poderia ter contribuindo mais sobre a descrição do fenômeno tromba d' água.

O pouco tempo de funcionamento das estações meteorológicas no norte do Estado dificultou bastante o trabalho, principalmente na análise de temperatura no ano de 2005. Para determinar a climatologia de qualquer região é necessário ter no mínimo 30 anos de dados. Portanto não se tem um parâmetro climatológico exato para esta região.

A falta de bibliografias voltada somente à tromba d' água dificultou a busca de conceitos, pois muitas referências trazem explicações relacionadas a enchentes e inundações quando se refere à tromba d' água. Outro problema é a carência de um banco de dados referentes ao fenômeno no Brasil, não se encontra muita reportagem ou fotos deste acontecimento.

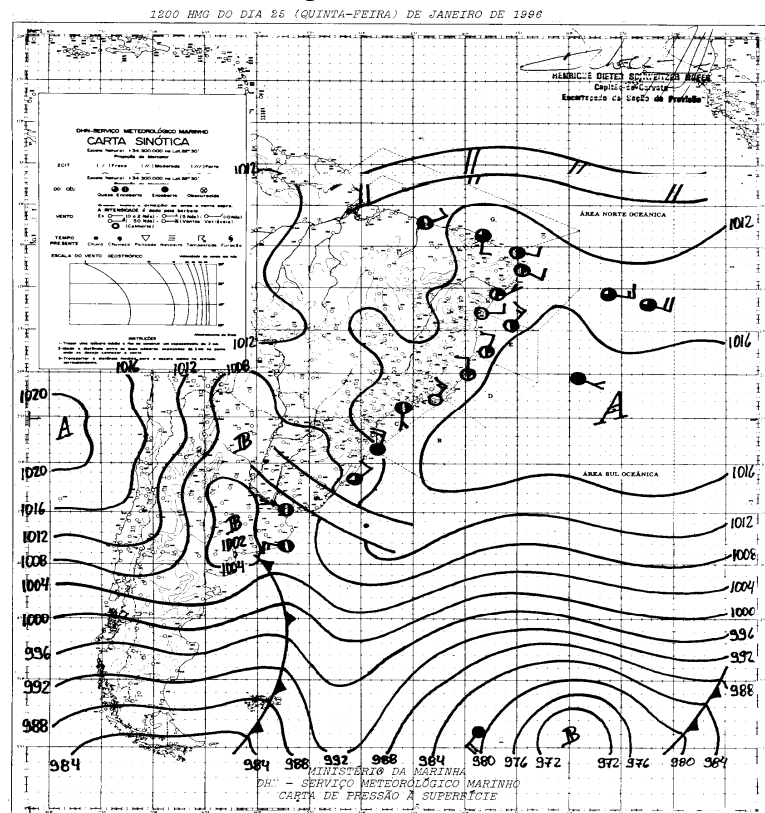
9.2 SUGESTÕES

Para a melhor compreensão do clima e do fenômeno tromba d' água recomenda-se para trabalhos futuros:

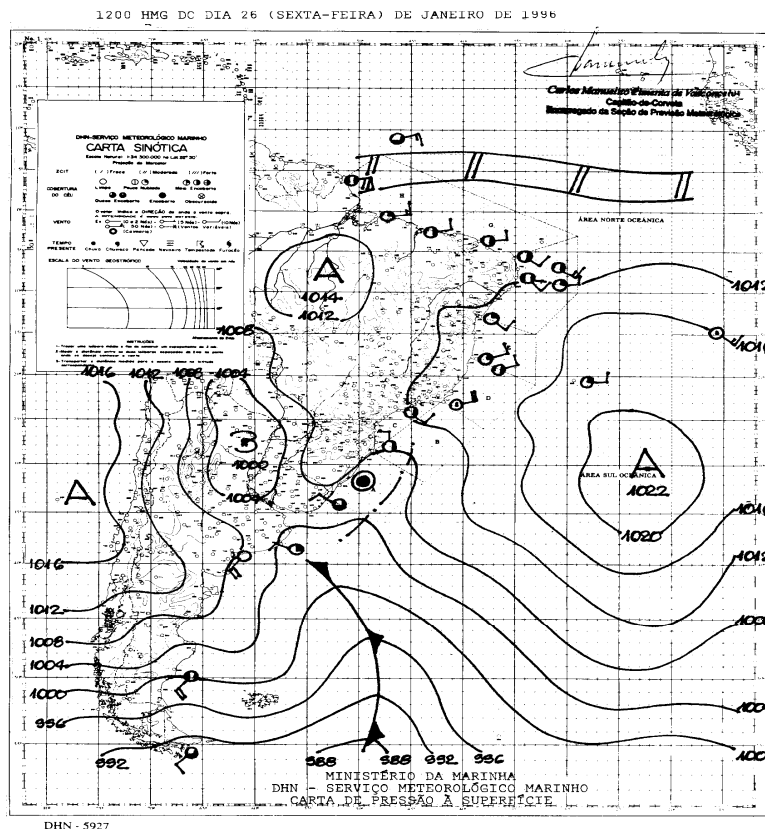
- Uma análise mais detalhada dos dias que antecederam e do dia que ocorreu o evento. Com um maior número e horários das variáveis meteorológicas, para um estudo mais preciso dos sistemas meteorológicos que desencadearam o processo de formação da tromba d' água;
- Estudo mais aprofundado sobre os bloqueios atmosféricos, com o intuito de observar se realmente ocorreram no período de ausências de frentes anterior às trombas d' água e, em caso positivo, se o mesmo influi na formação do evento atmosférico.
- Pesquisa nas camadas mais altas da troposfera, para verificar as instabilidades que ocorrem em altos níveis, as quais interferem diretamente nas condições do tempo em baixos níveis;
- Pesquisa das correntes marítimas que estavam atuando em Santa Catarina durante o período de ocorrência da tromba d' água para verificar sua relação com a TSM.

ANEXOS

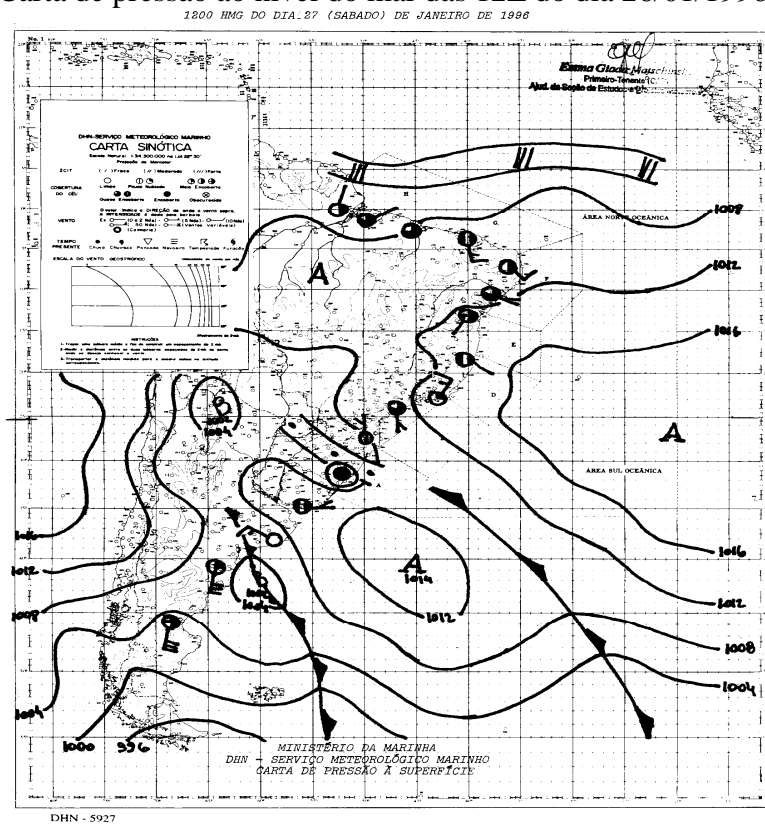
ANEXOS A: Cartas sinóticas do episódio de 27/01/1996 em São Francisco do Sul



Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 25/01/1996.

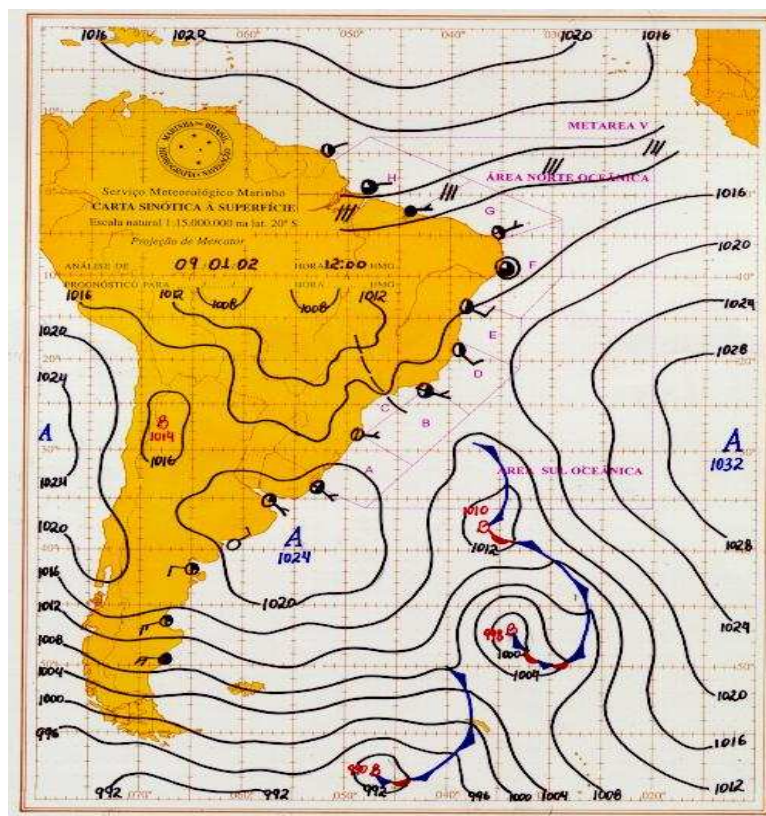


Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 26/01/1996.



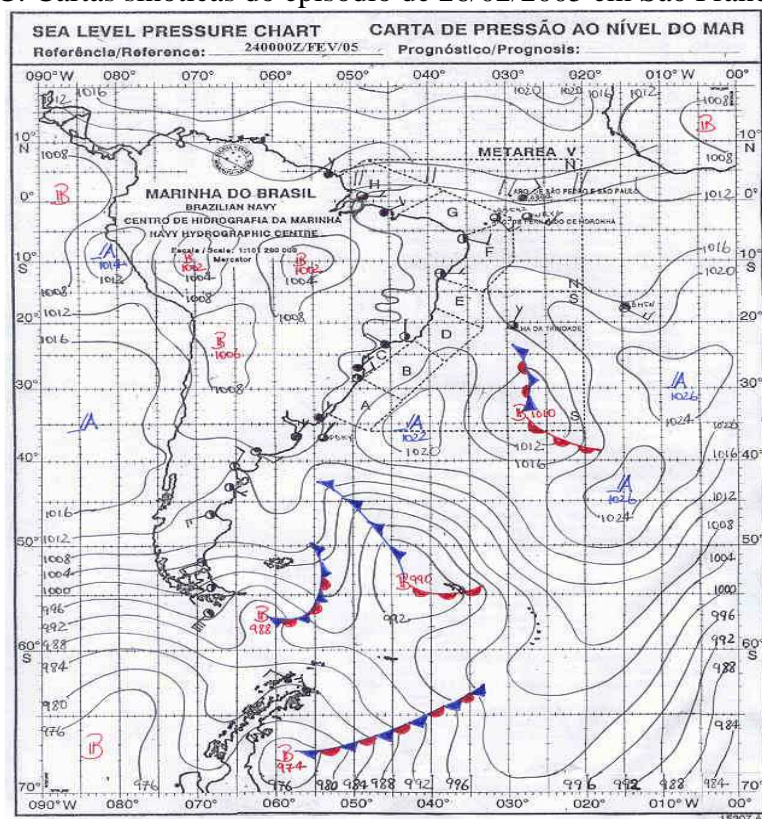
Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 26/01/1996.

ANEXOS B: Cartas sinóticas do episódio de 09/01/2002 em São Francisco do Sul.

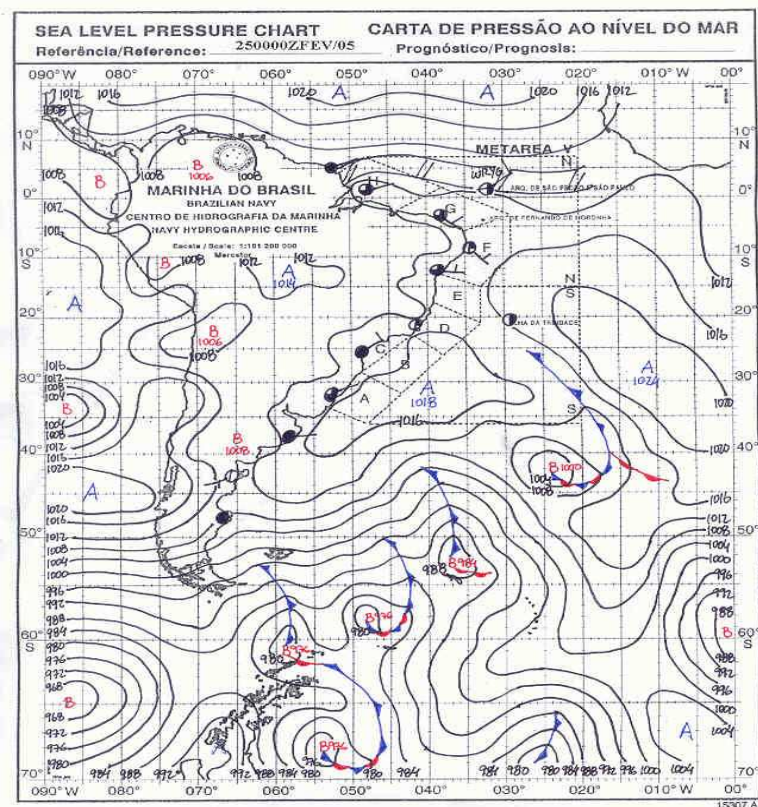


Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 09/01/2002.

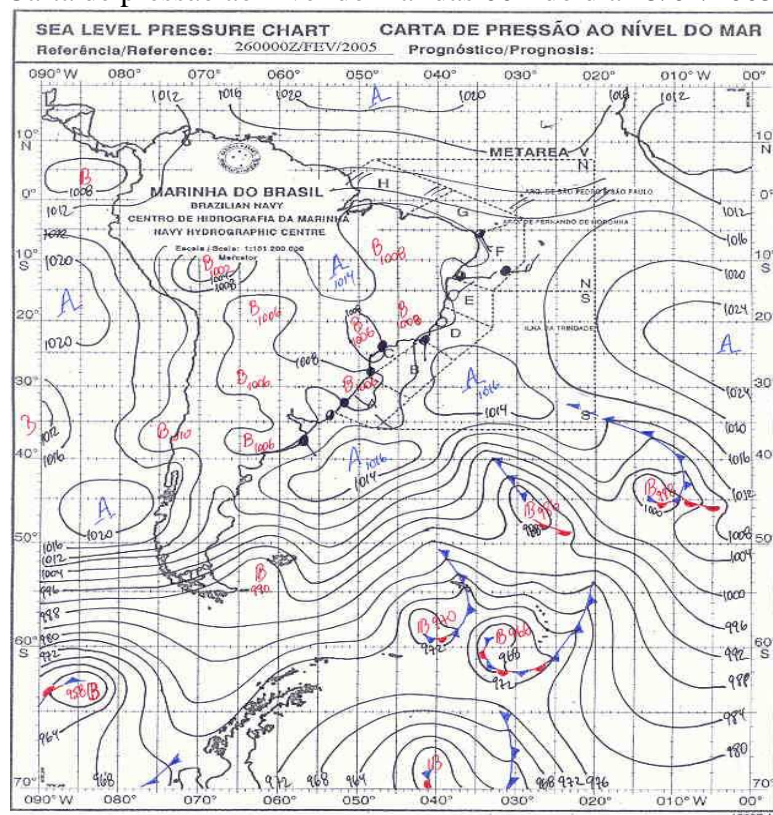
ANEXOS C: Cartas sinóticas do episódio de 26/02/2005 em São Francisco do Sul.



Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 24/02/2005.

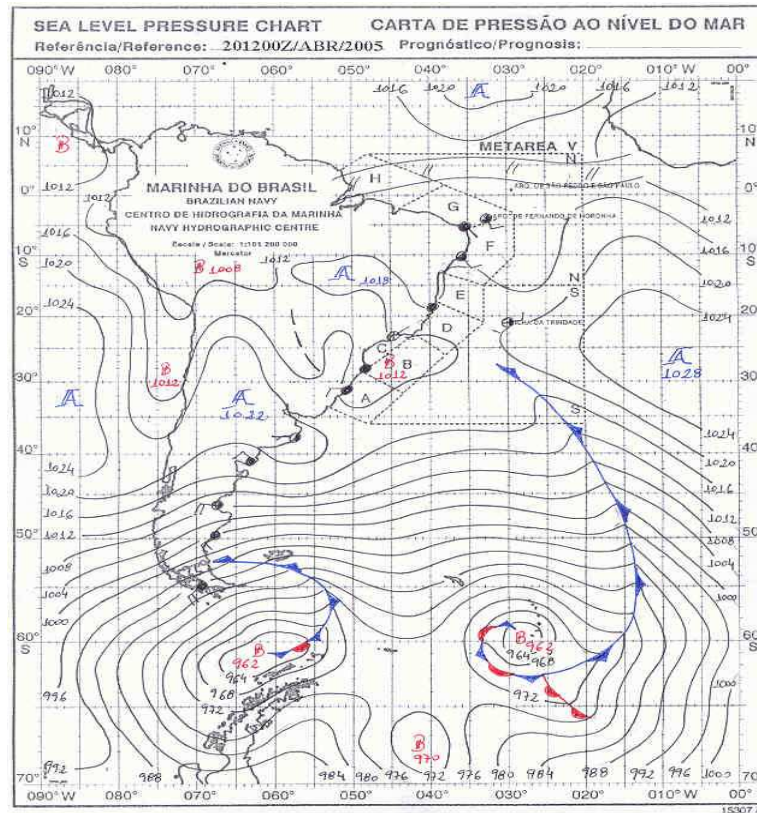


Carta de pressão ao nível do mar das 00Z do dia 25/02/2005.

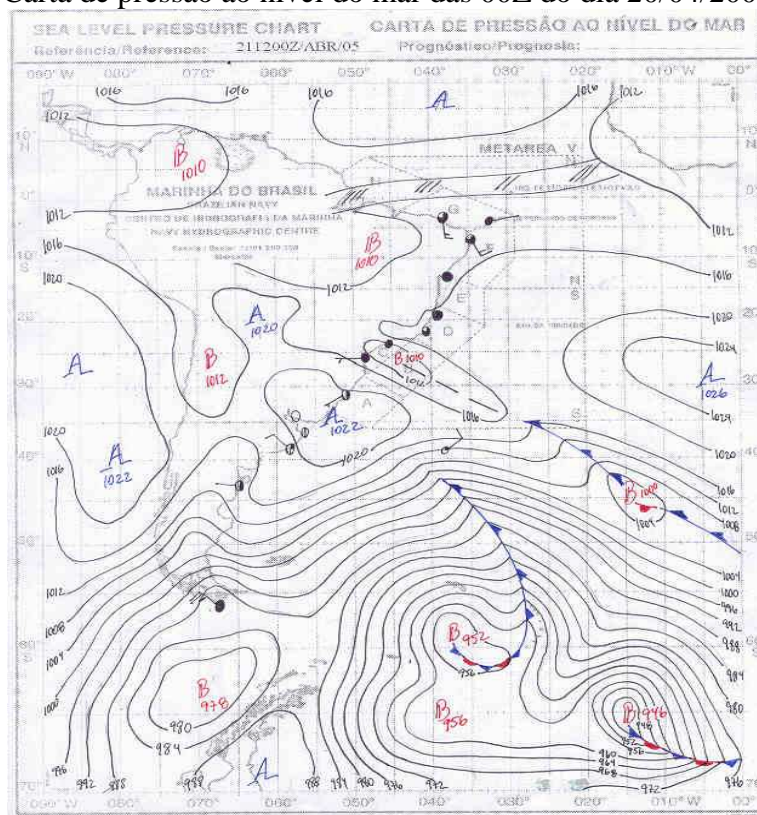


Carta de pressão ao nível do mar das 00Z do dia 26/02/2005.

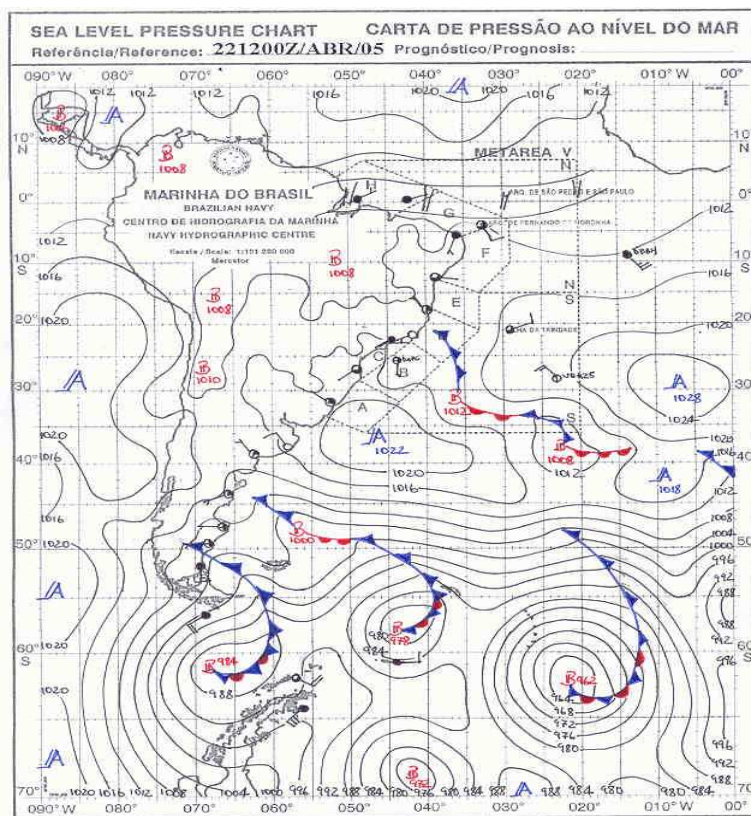
ANEXOS D: Cartas sinóticas do episódio de 22/04/2005 em São Francisco do Sul.



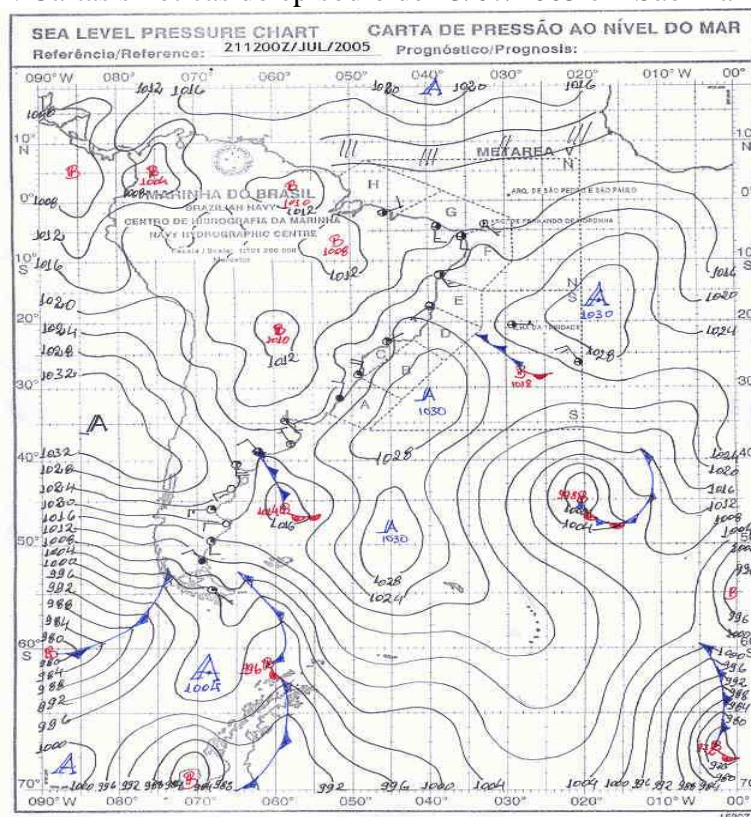
Carta de pressão ao nível do mar das 00Z do dia 20/04/2005.



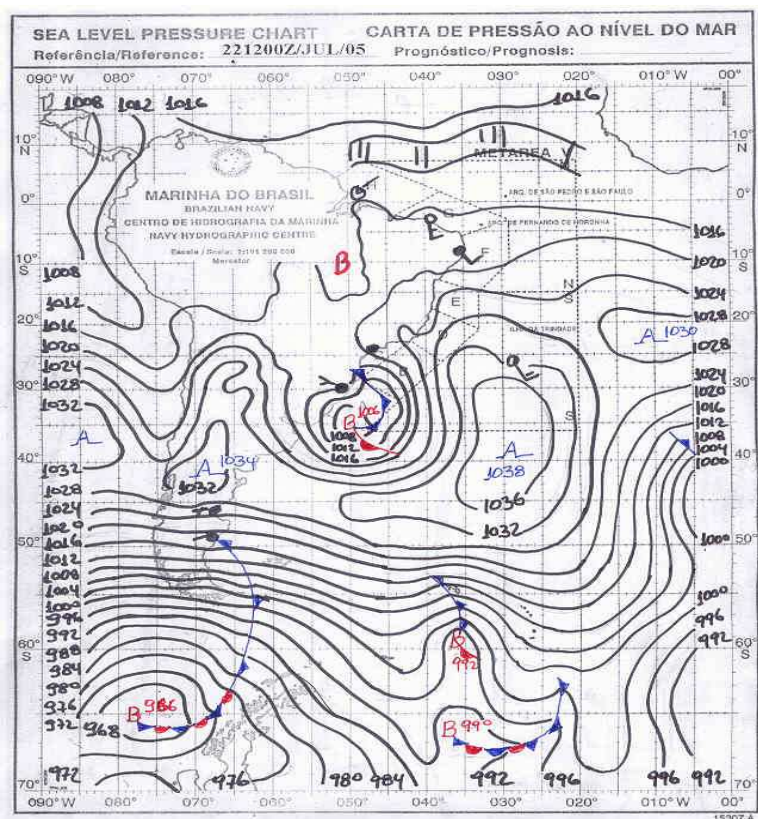
Carta de pressão ao nível do mar das 00Z do dia 21/04/2005.



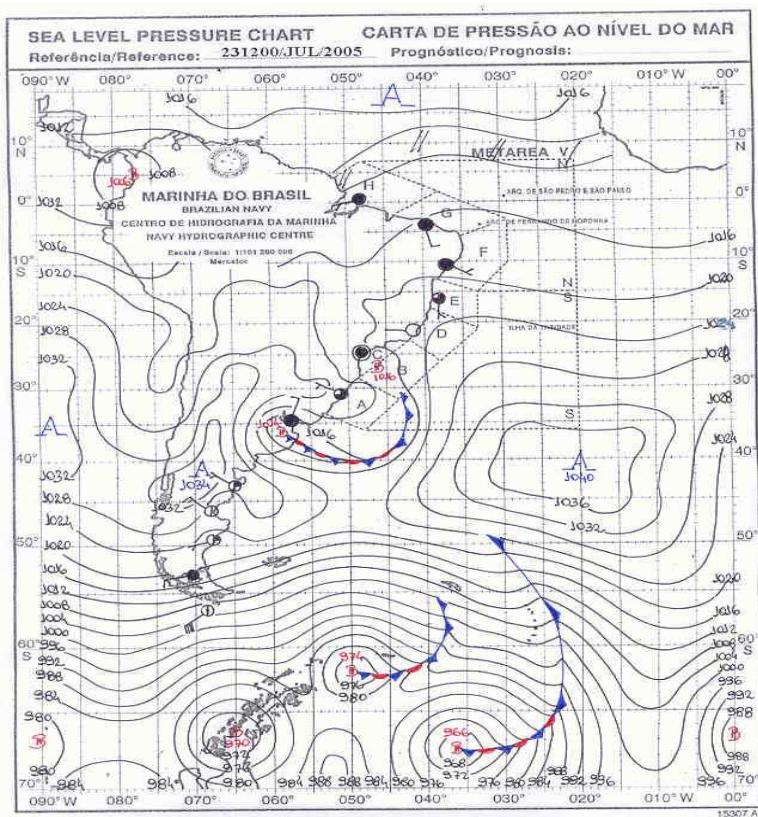
Carta de pressão ao nível do mar das 00Z do dia 22/04/2005.
 ANEXOS E: Cartas sinóticas do episódio de 23/07/2005 em São Francisco do Sul.



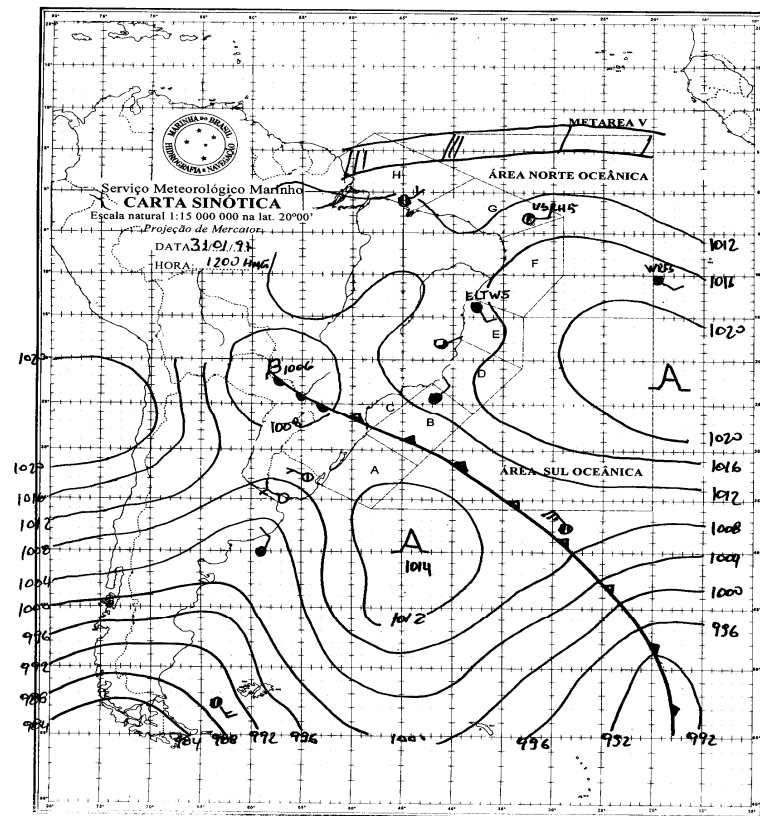
Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 21/07/2005.



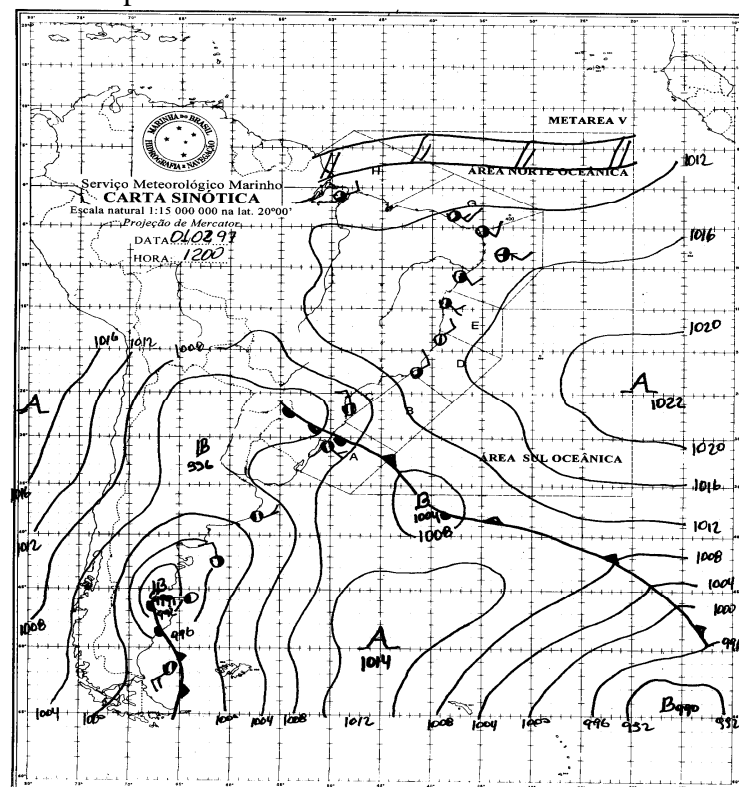
Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 22/07/2005.



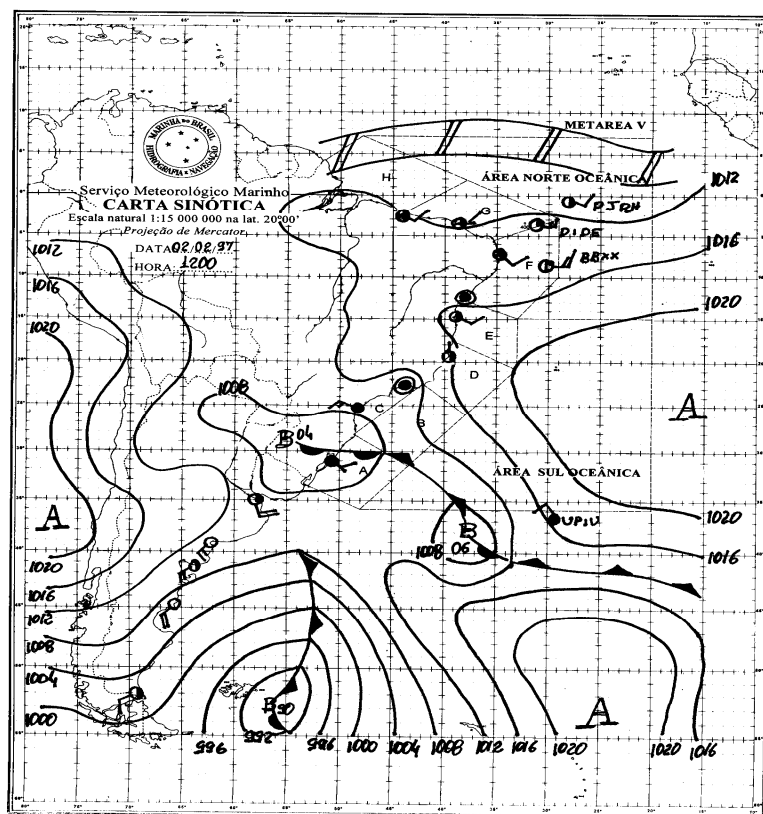
Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 23/07/2005.
 ANEXOS F: Cartas sinóticas do episódio de 02/02/1997 em Itapoá.



Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 31/01/1997.

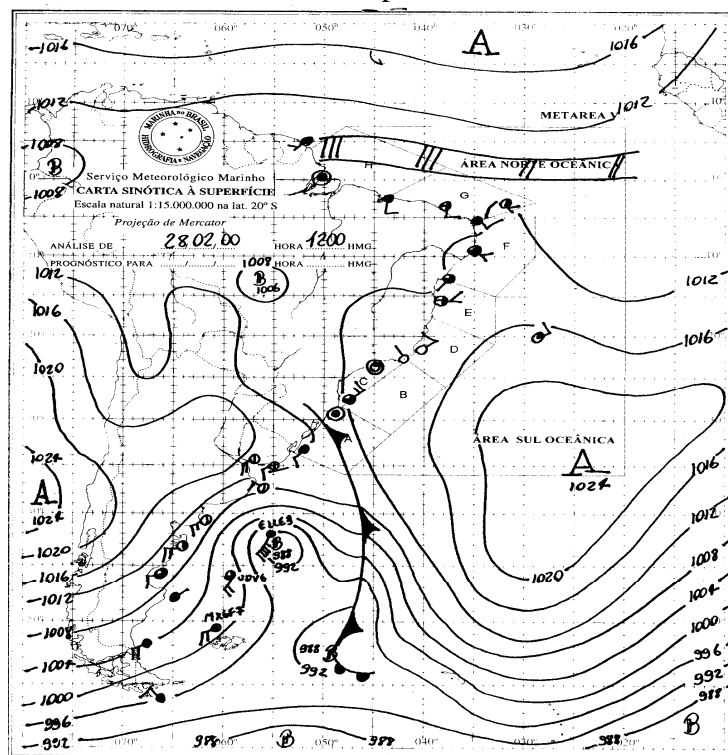


Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 01/02/1997.

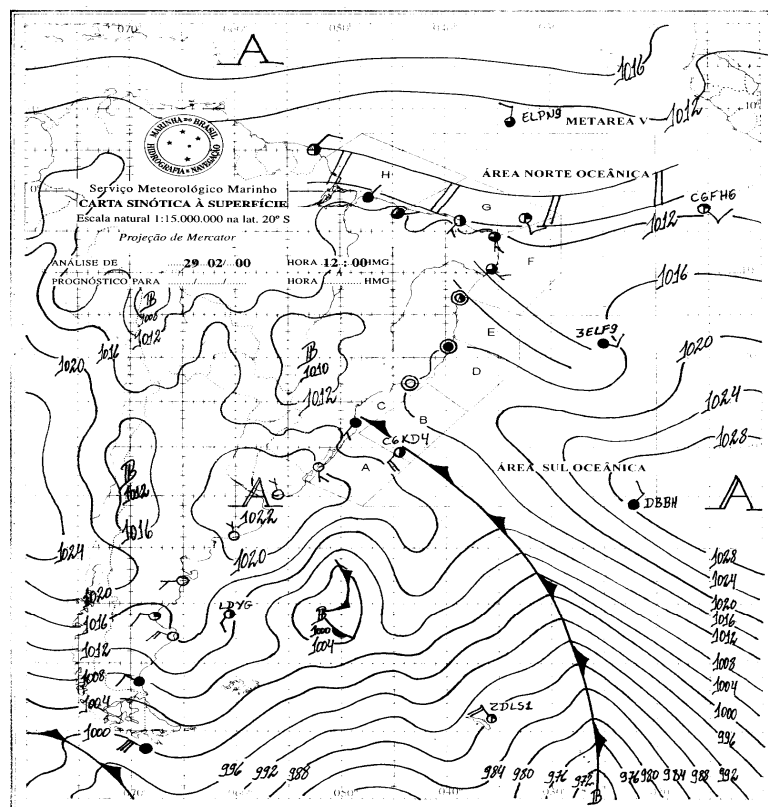


Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 02/02/1997.

ANEXOS G: Cartas sinóticas do episódio de 01/03/2000 em Itapoá.

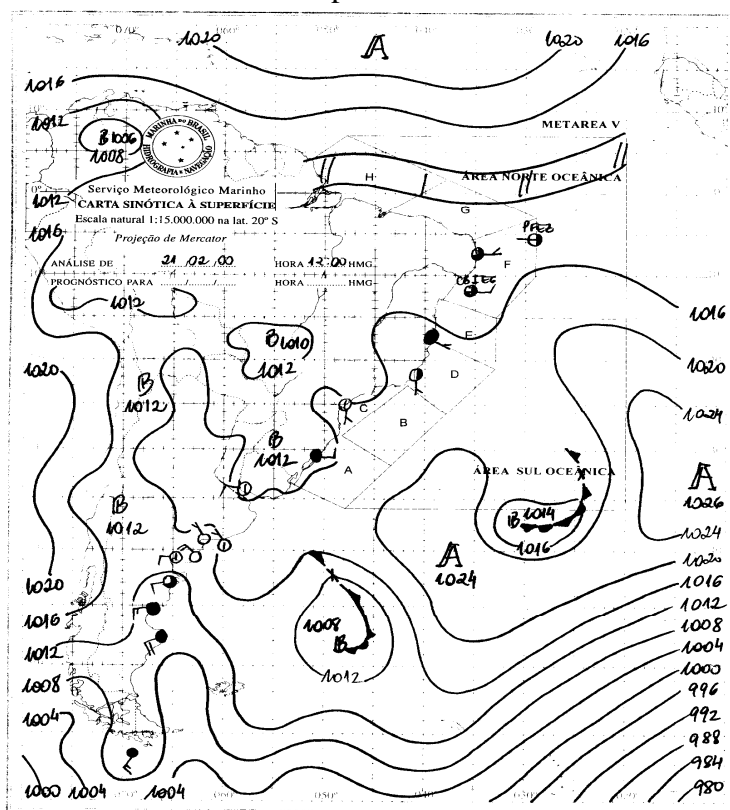


Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 28/02/2000.

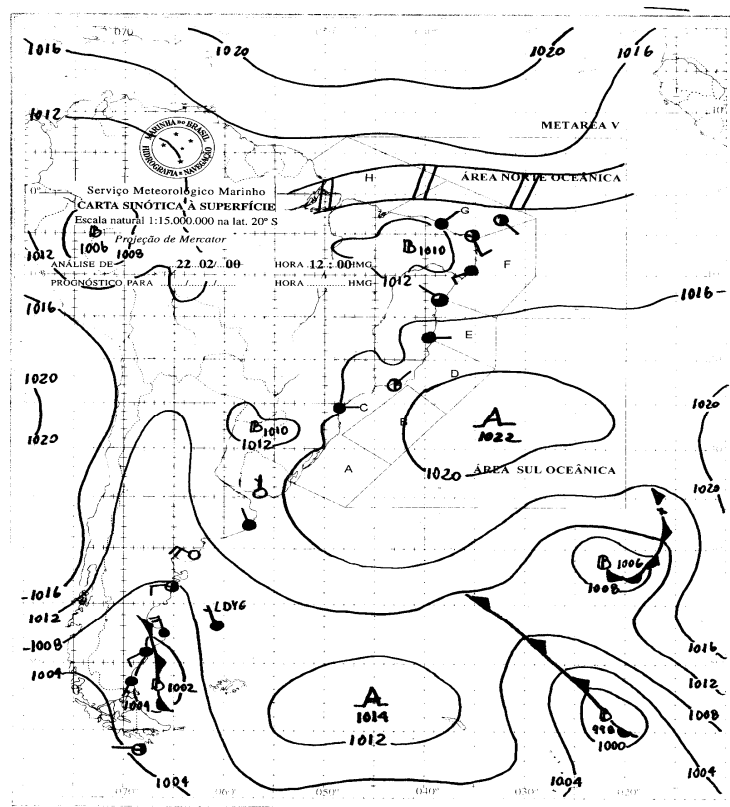


Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 29/02/2000.

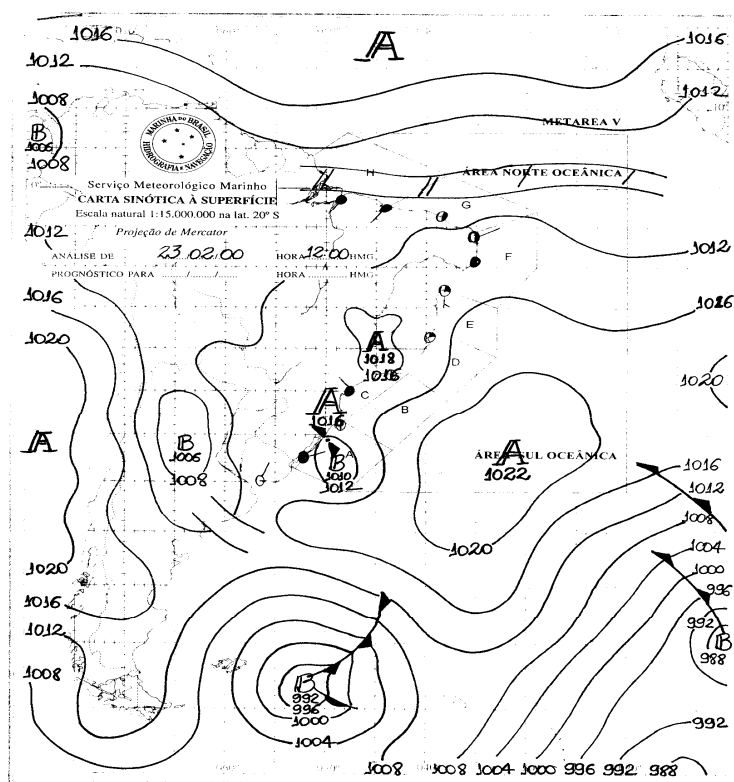
ANEXOS H: Cartas sinóticas do episódio de 23/02/2000 em Florianópolis.



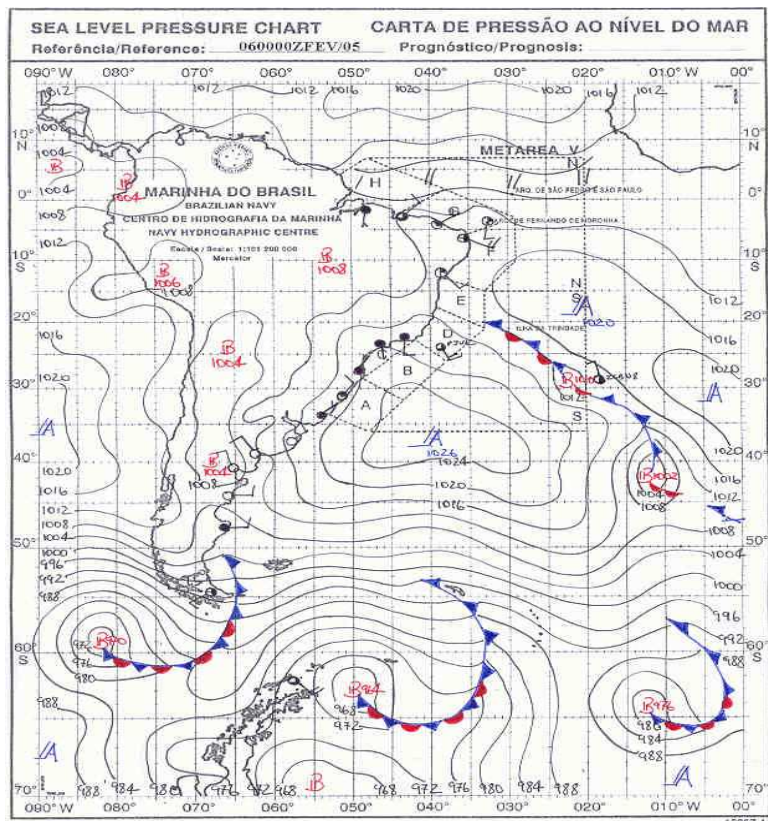
Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 21/02/2000.



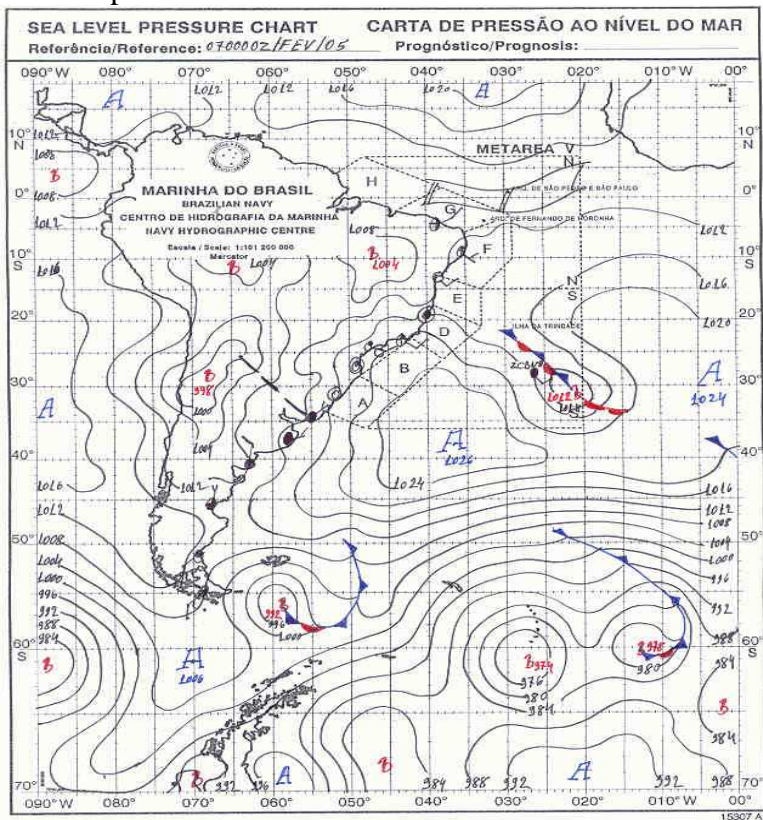
Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 22/02/2000.



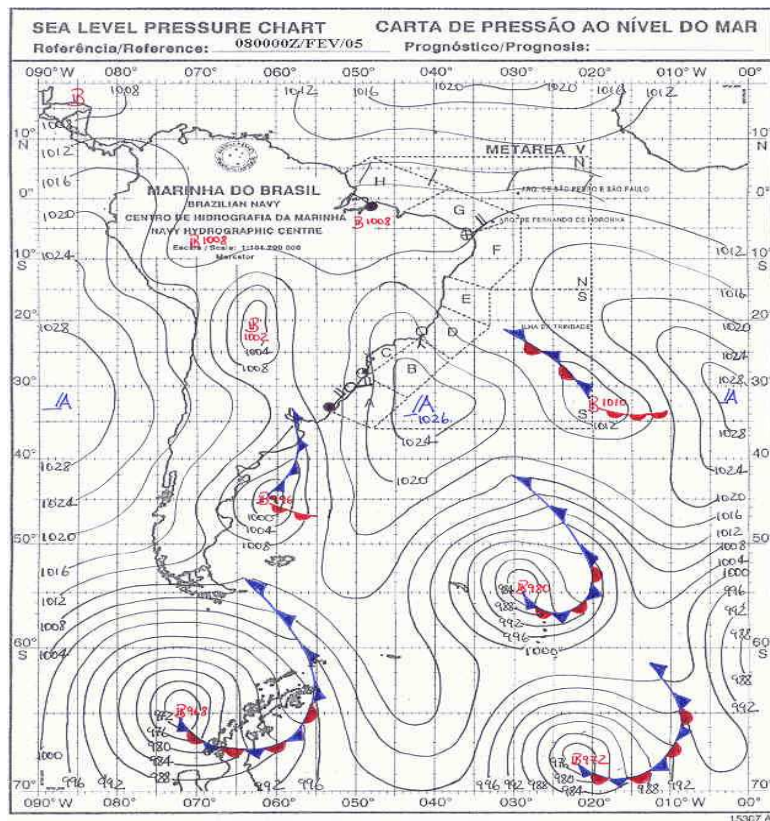
Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 23/02/2000.
ANEXOS I: Cartas sinóticas do episódio de 08/02/2005 em Florianópolis.



Carta de pressão ao nível do mar das 00Z do dia 06/02/2005.

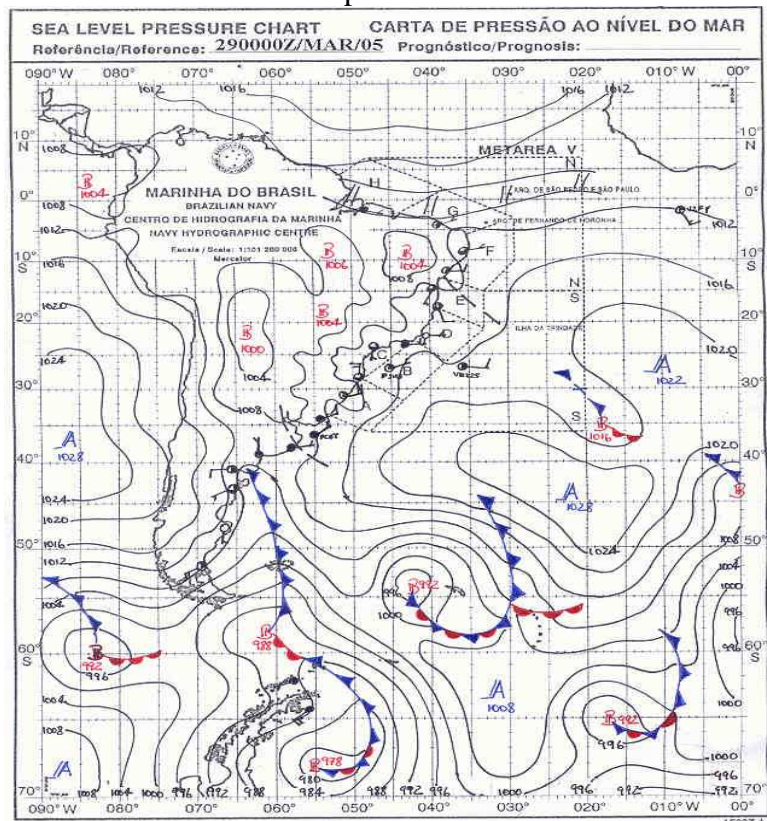


Carta de pressão ao nível do mar das 00Z do dia 07/02/2005.

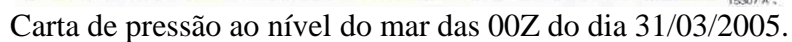
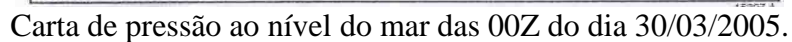


Carta de pressão ao nível do mar das 00Z do dia 08/02/2005.

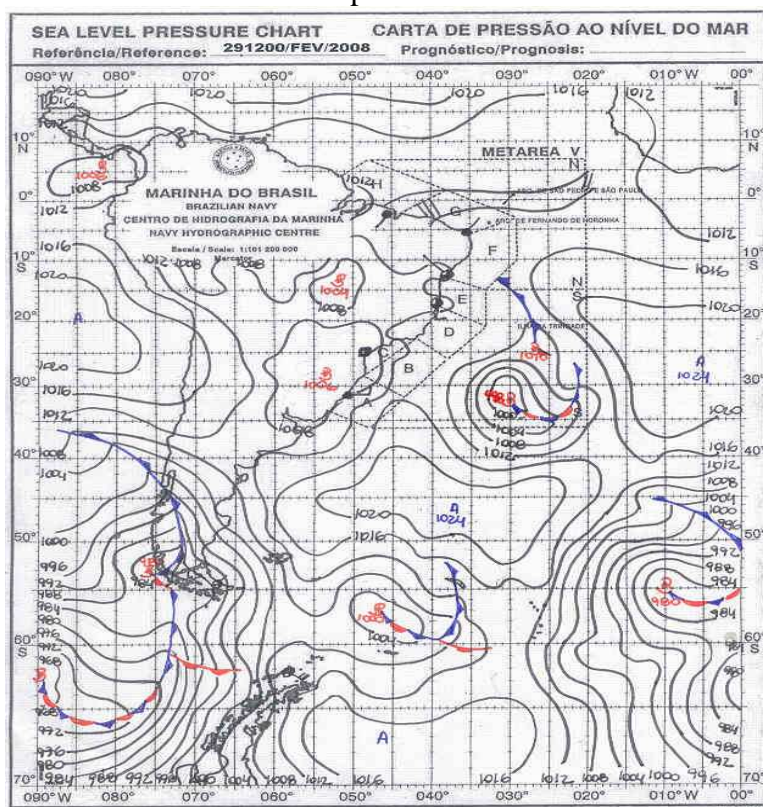
ANEXOS J: Cartas sinóticas do episódio de 31/03/2005 em Florianópolis.



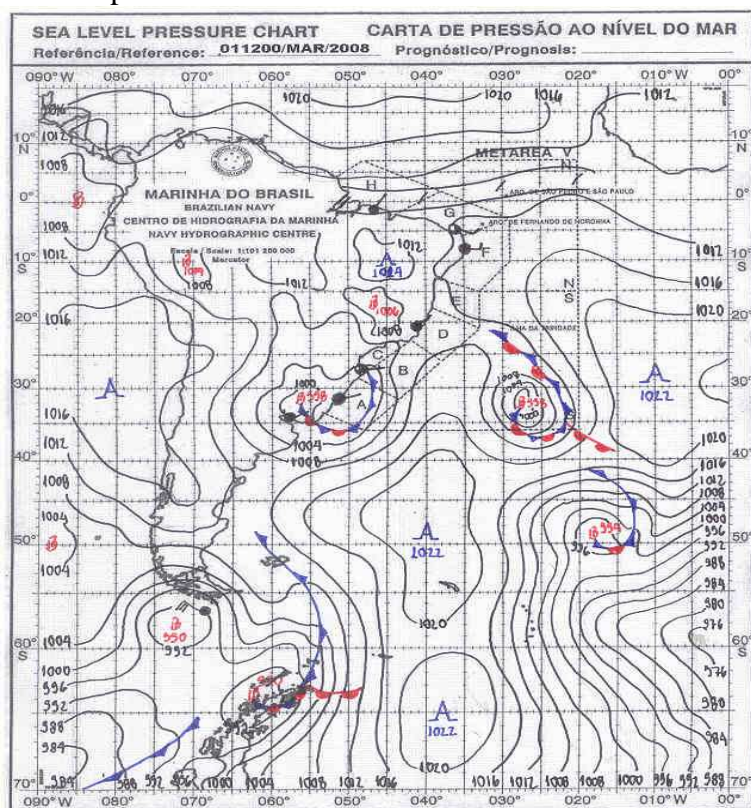
Carta de pressão ao nível do mar das 00Z do dia 29/03/2005.



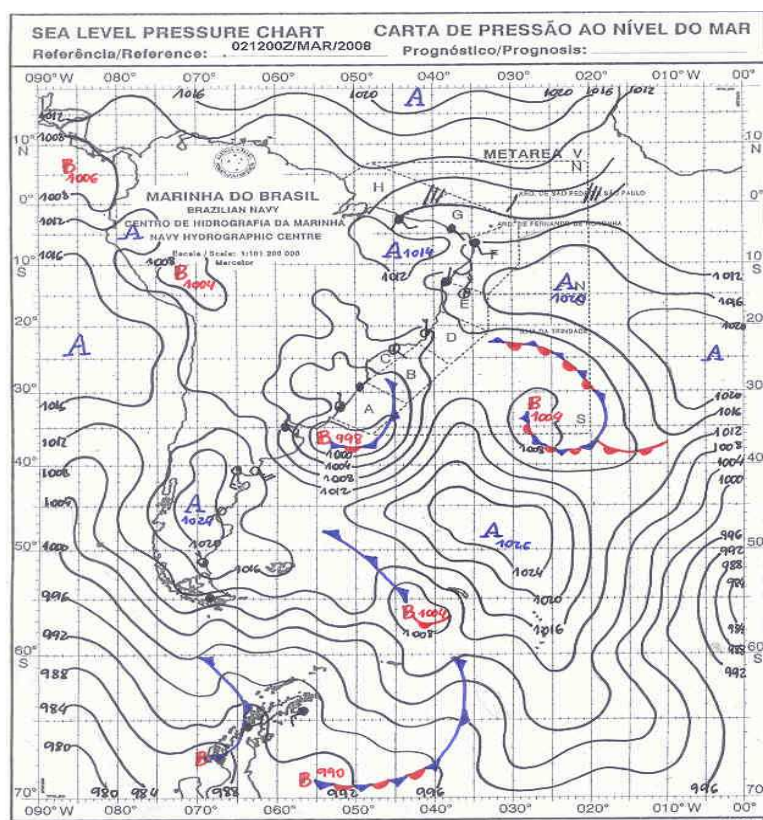
ANEXOS K: Cartas sinóticas do episódio de 02/03/2008 em Florianópolis.



Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 29/02/2008.



Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 01/03/2008.



Carta de pressão ao nível do mar das 12Z do dia 02/03/2008.

REFERÊNCIAS

AYOADE, J O. Introdução à climatologia para os trópicos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 332 p.

BLAIR, Thomas A. Meteorologia. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964. 406 p.

CABRAL, E. Introdução à Meteorologia Aeronáutica. Disponível em: <www.oaviao.com/met/INTRODU__O__METEOROLOGIA_AERON_UTICA.doc>. Acesso em: 07 maio 2008.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. Climanálise. Cachoeira Paulista, jan, 1996. n.01. v.11. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, jan, 1997. n. 01. v.12. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, fev, 1997. n. 02. v.12. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, fev, 2000. n.02. v.15. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, mar, 2000. n.03. v.15. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, jan, 2002. n.01. v.17. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, fev, 2005. n.02. v.20. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, mar, 2005. n.03. v.20. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, fev, 2005. n.04. v.20. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, fev, 2005. n.07. v.20. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, jan, 2008. n.01. v.20. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/00297/index.html>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

_____. Climanálise. Cachoeira Paulista, fev, 2008. n.02. v.23. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/00297/index.html>>. Acesso em: 26 mar. 2009.

CCM - Complexo Convectivo de Mesoescala. Disponível em: <<http://www.master.iag.usp.br/historico/labccm.html>>. Acesso em: 23 jun. 2008.

CLIMATEMPO. Eventos Extremos. Dados & Fatos-Glossário. Disponível em: <http://www4.climatempo.com.br/ct/meio_ambiente/glossario.htm>. Acesso em: 13 jun. 2009

DEMILLO, Rob. Como Funciona o Clima. São Paulo: Quark Books, 1998.

DYER, Roberto C, 4., 1986, Gramado. Rastros de tornados no sudoeste do Brasil, leste do Paraguai e nordeste da Argentina. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1986.

FLORIANÓPOLIS, Prefeitura Municipal de Florianópolis Disponível em: <<http://www.pmf.sc.gov.br/portal/pmf/cidade/perfildeflorianopolis/>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

FUENTES, M. V. Climatologia de Bloqueios Próximos à América do Sul e seus Efeitos. São José dos Campos. 1997. 16 p. Dissertação de mestrado em meteorologia. INPE.

G1, (São Paulo). Tornado assusta moradores de Santarém. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Brasil/0,,MUL596037-5598,00-TORNADO+ASSUSTA+MORADORES+DE+SANTAREM.html>>. Acesso em: 18 maio 2009.

GRID, Analysis and Display System (GrADS) Disponível em: <<http://www.iges.org/grads/>>. Acesso em: 29 maio 2009.

GUIA, Guia Litoral Sul Disponível em: <<http://www.guialitoralsul.com.br/cidades/phc/01geo.php>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

ITAPOÁ, Prefeitura Municipal de Itapoá. Disponível em: <<http://www.itapoa.sc.gov.br/conteudo/?item=24484&fa=11169>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

JESUS, Emanuel Fernando Reis de. Algumas Reflexões Teórico-conceituais na Climatologia Geográfica em Mesoescala: Uma Proposta de Investigação. Geotextos, Salvador, n.4, p.165-187, 2008. Disponível em: <<http://www.portalseer.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/3301/2414>>. Acesso em: 22 maio 2009.

MONTEIRO, M. A. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL, Florianópolis: Editora da UFSC, v. 16, n. 31, p. 69 – 78, 1º semestre de 2001.

MONTERO, M. A.; FURTADO, S. M de A. O Clima no trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL, Florianópolis: Editora da UFSC, n. 19/20, p.116 – 133, 1º e 2º semestre de 2005.

MONTEIRO, Maurici Amantino; MENDONÇA, Magaly. DINÂMICA ATMOSFÉRICA NO ESTADO DE SANTA. In: HERRMANN, Maria Lúcia De Paula. Atlas de

Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Copy Laser Gráfica Digital, 2006. p. 18 a 22.

NASCIMENTO, Ernani De Lima. Previsão de Tempestades Severas Utilizando-se Parâmetros Convectivos e Modelos de Mesoescala: Uma Estratégia Operacional Adotável no Brasil?. Revista Brasileira de Meteorologia, São José Dos Campos, v. 20 n. 1, p.121-140, dez. 2005.

NACIMENTO, Ernani de Lima; MARCELINO, Isabela Pena Viana de Oliveira. Análise Preliminar dos Tornados de 3 de Janeiro de 2005 em Criciúma/SC. SBMET, Rio de Janeiro, n. , p.33-44, maio 2005.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro. Instituto de Geografia e Estatística, 1989. 422 p.

NOAA, National Oceanic And Atmospheric Administration. Visualize Kaplan Extended SST V2 Data. Disponível em: <http://www.cdc.noaa.gov/cgi-bin/DataAccess.pl?DB_dataset=Kaplan+Extended+SST+V2&DB_variable=Sea+Surface+Temperature&DB_statistic=Anomaly&DB_tid=23665&DB_did=80&DB_vid=1710>. Acesso em: 23 maio 2009.

OLIVEIRA, Isabela. Distribuição Espaço-Temporal e Análise de Tornados em Santa Catarina no Período de 1975 a 2000. Florianópolis: UFSC, 2000.

ROCHA, A.M.G.C; GONDU, A. W. Zona de Convergência do Atlântico Sul. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/cliesp10a/16.html>>. Acesso em: 23 jun. 2008.

RODRIGUES, Maria Laura Guimarães, FRANCO, Davide and SUGAHARA, Shigetoshi. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. Rev. Bras. Geof., May/Aug. 2004, vol.22, no.2, p.135-151. ISSN 0102-261X. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2004000200004&script=sci_arttext>. Acesso em: 15 set. 2008.

SACI-PERERÊ Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/folclore/saci-perere.htm>>. Acesso em: 03 jun. 2009.

SANTA CATARINA, Secretaria de Estado e Coordenação Geral e Planejamento. Atlas Escolar de Santa Catarina. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, 1991. 96 p.

SERVICE, National Weather (Org.). Glossary Waterspout. Disponível em: <<http://forecast.weather.gov/glossary.php?word=WATERSPOUT>>. Acesso em: 02 jun. 2009.

SUASSUNA, João. O Processo de Salinização das Águas Superficiais e Subterrâneas no Nordeste Brasileiro. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/recuhydr/processo/processo.html>>. Acesso em: 08 abr. 2009.

SZILAGYI, Wade. The Great Waterspout Outbreak of 2003. Disponível em: <http://www.vos.noaa.gov/MWL/dec_04/waterspout.shtml>. Acesso em: 23 maio 2009.

VIANELLO, Rubens Leite; ALVES, Adil Rainier. Meteorologia Básica e Aplicações. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991.

VILLELA, R. J. Frentes, Ciclones e Anticiclones. Ciência Hoje – SBPC. v.4, n. 24, p. 47, 1986.